

# ВОДНАЯ СРЕДА И ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ: ИССЛЕДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ОХРАНА

**МАТЕРИАЛЫ**  
**IV Школы-конференции молодых ученых**  
**с международным участием**  
**(26-28 августа 2011 г.)**





Институт водных проблем Севера  
Карельского научного центра РАН  
Карельская государственная педагогическая академия



**ВОДНАЯ СРЕДА  
И ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ:  
ИССЛЕДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ОХРАНА**

**МАТЕРИАЛЫ  
IV Школы-конференции молодых ученых  
с международным участием  
(26–28 августа 2011 г.)**

ПЕТРОЗАВОДСК  
2011



УДК [502.51+502.2] (063)

ББК 28.082

В62

**Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана.** Материалы IV Школы-конференции молодых ученых с международным участием (26–28 августа 2011 г.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 265 с. + вкл.

В представленных статьях и тезисах рассматриваются результаты исследований по нескольким направлениям: гидрология и математическое моделирование, гидрохимия и гидробиология, геоэкология и география, экологическое просвещение. В отличие от предыдущих мероприятий данного цикла IV Школа-конференция молодых ученых 2011 г. выходит за рамки регионального значения – Северо-Запада России – и значительно расширяет состав своей международной команды. Данный факт открывает границы для молодых ученых и способствует более эффективному решению проблем окружающей среды при активном, открытом и непосредственном общении.

Форма проведения конференции в виде школы с элементами мастер-классов при участии научных сотрудников кандидатов и докторов наук и преподавателей вузов дает возможность решать помимо научных проблем вопросы, связанные с методами преподавания и проведения практических работ, а также образования для устойчивого развития общества на региональном и международном уровнях.

Исследования осуществлялись при плодотворном сотрудничестве академических научных учреждений РАН и высших учебных заведений, а также средних школ, основной задачей которого является профориентация молодежи для работы в системе науки и образования.

#### **Water environment and spatial natural complexes: study, use, protection.**

Proceedings of the 4<sup>th</sup> School-Conference of Young Scientists with international participation

The papers and abstracts in the proceedings dwell upon the results of research in several study areas: hydrology and mathematical modeling, hydrochemistry and hydrobiology, geoecology and geography, environmental education. In contrast to previous events of the series, the 4<sup>th</sup> School-Conference of Young Scientists reached beyond the regional scope of Northwest Russia; international participation has also expanded notably. This fact opens up the boundaries for young scientists, and enables us to more efficiently approach environmental issues through active, open and direct communication.

The form of the school with elements of master classes from highly qualified scientists and university professors creates the possibility to deal not only with scientific problems, but also with teaching methods and implementation, as well as with education for sustainable development at the regional and international levels.

The studies were carried out through fruitful collaboration between institutions of the Russian Academy of Science and higher educational institutions, as well as secondary schools, the main task being guiding the youth into professions in science and education.

#### **О р г а н и з а ц и о н н ы й   к о м и т е т :**

**Филатов Н. Н.**, член-корреспондент РАН, директор ИВПС КарНЦ РАН

**Регеранд Т. И.**, к. б. н., ученый секретарь ИВПС КарНЦ РАН

**Гриппа С. П.**, к. г. н., ректор КГПА

**Потехин С. Б.**, д. г. н., профессор кафедры географии КГПА, зав. кафедрой географии

**Калинкина Н. М.**, д. б. н., зав. лабораторией гидробиологии ИВПС КарНЦ РАН

**Назарова Л. Е.**, к. г. н., с. н. с. ИВПС КарНЦ РАН

**Рыжаков А. В.**, к. х. н., с. н. с. ИВПС КарНЦ РАН

**Чухарев А. Л.**, аспирант ИВПС КарНЦ РАН

*Проведение IV Школы-конференции молодых ученых с приглашением зарубежных участников «Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана» и издание ее материалов осуществлялись при финансовой поддержке Российской академии наук, предоставленной научно-образовательному центру «Водные объекты Карелии и методы их исследования» Института водных проблем Севера КарНЦ РАН по программе «Поддержка молодых ученых».*

*IV Школа-конференция молодых ученых организована в рамках юбилейных мероприятий ИВПС КарНЦ РАН, посвященных 20-летию создания института (<http://water.krc.karelia.ru>).*

Материалы публикуются в авторской редакции

ISBN 978-5-9274-0474-2

© Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, 2011

© Карельский научный центр РАН, 2011

© Карельская государственная педагогическая академия, 2011



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Часть 1. ГИДРОЛОГИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</b> .....	5
Н. С. Блохина, А. Е. Орданович, Д. Н. Николаева. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА В ВОДОЕМЕ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТОМ ЛЬДОМ .....	7
В. А. Горская, Е. Л. Белозерова. О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗАЛИВА ГНИЛЬНО НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ НИЖНЕ-СВИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА .....	13
Л. С. Лебедева, О. М. Семенова. ГЛУБИНА ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВЫ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ: АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ .....	21
Н. Н. Огородникова, И. В. Федорова. РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ПРОТАИВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ о. САМОЙЛОВСКОГО (ДЕЛЬТА РЕКИ ЛЕНА) .....	29
В. Н. Семенюк. ПРОЦЕССЫ ЗАХВАТА КРУПНЫХ ДОННЫХ ЧАСТИЦ ВИХРЯМИ В ПОТОКАХ ПРОРЫВА ПЛОТИНЫ .....	33
Т. В. Скороспехова, Г. В. Прякина, С. А. Журавлев. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ГИС УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ КЕРЕТЬ .....	38
А. А. Урбан. МИКРОРЕЛЬЕФ И МОРФОЛОГИЯ АККУМУЛЯТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ОБЛАСТИ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА .....	43
В. А. Четверова, А. С. Макаров. ЛЕДОВАЯ ОБСТАНОВКА МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО КАК ФАКТОР ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ .....	49
<b>Часть 2. ГИДРОХИМИЯ</b> .....	53
М. А. Абдуев. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ИОННОГО СТОКА РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА .....	55
Н. В. Крутских, М. В. Кричевцова. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО .....	59
Н. Е. Кулакова. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЙОНА КОСТОМУКШИ ПО КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД .....	64
А. А. Минина. КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ПРИМЕСИ В ВОДНОМ ОБЪЕКТЕ .....	67
И. Ю. Потапова, Ю. Л. Сластина. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ .....	71
Е. В. Румянцева. МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА р. ПЯСИНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	74
П. В. Солошук, Е. С. Кочеткова. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА .....	80
А. А. Четверова, Т. М. Потапова, И. В. Федорова. ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СТОК АРКТИЧЕСКИХ РЕК НА ПРИМЕРЕ РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И РЕКИ ЛЕНА .....	83
<b>Часть 3. ГИДРОБИОЛОГИЯ</b> .....	89
В. И. Бардина. ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	91
Л. А. Беличева, В. П. Бусарова. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОТОКОВ г. ПЕТРОВЗАВОДСКА .....	94
Е. Н. Белякова. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РЕКАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА .....	99
Е. Н. Гинатуллина, И. М. Мирабдуллаев. ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА СУДОЧЬЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕГРАДАЦИИ ДЕЛЬТЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ, УЗБЕКИСТАН .....	103
Е. А. Курашов, Г. Г. Митрукова. ВЛИЯНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ROTAMOGETON PUSILLUS И CERATORHYLLUM DEMERSUM НА МИКРООРГАНИЗМЫ .....	109

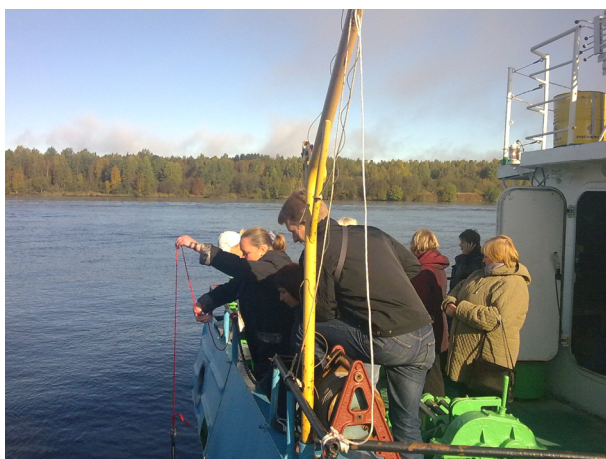


Т. П. Липинская. СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА ДНЕПРА .....	111
Д. В. Немцева, М. С. Богданова. ЗАРАСТАНИЕ ОЗЕР В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕРНОЙ (ПУДОЖСКИЙ РАЙОН) .....	114
А. И. Сидорова. СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ИНВАЗИОННОГО ВИДА <i>GMELINOIDES FASCIATUS</i> (STEBBING) В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА .....	117
Ю. Л. Сластина, М. А. Клочкова. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА оз. ЧЕТЫРЕХ-ВЕРСТНОГО .....	121
И. П. Сочнева. ФЛОРА ВЫСШИХ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ оз. ЧЕТЫРЕХ-ВЕРСТНОГО (ОКРЕСТНОСТИ г. ПЕТРОЗАВОДСКА) .....	124
А. Н. Ступникова, А. Л. Верещака, В. И. Гагарин, Д. Н. Кулагин, А. А. Лунина. БИОМАССА И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА В ЭПИПЕЛАГИАЛИ АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЮЖНОГО ОКЕАНА .....	127
В. А. Чугайнова, Н. В. Климовский. ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВОДАХ БАРЕНЦЕВА МОРЕА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2008 г. ....	132
 Часть 4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ .....	135
Е. В. Белова. ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ .....	137
Г. В. Бельская. ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО КУРСА «НАУКА ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ» В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ .....	139
М. С. Богданова, А. В. Литвиненко. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ .....	142
Е. Д. Войнолович. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ .....	145
К. В. Воробьев. ГЕНЕЗИС ОЗЕРНЫХ КОТЛОВИН ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....	147
Е. Ю. Гаврилов. ОПИСАНИЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МУТКА» .....	151
П. Г. Гольденберг. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛЫХ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ КАРЕЛИИ .....	155
Н. Д. Грищенкова. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ «ВОДОСБОР – ОЗЕРО» .....	160
А. Н. Кирилов. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА г. БЕЛГОРОДА .....	165
А. Н. Максимова. ПРОЕКТ: «ЭКОДОМ: УТОПИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?» .....	169
Вида Мотиекайтите, Лорета Степоненайте. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ЛИТВЕ .....	176
М. С. Потахин. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОЕМОВ г. ПЕТРОЗАВОДСКА .....	180
М. С. Потахин, М. С. Богданова, А. В. Толстиков. ОЗЕРО МУРОМСКОЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	183
С. Б. Потахин, М. С. Богданова, А. А. Мартынов. ОБОНЕЖЬЕ: СУЩНОСТЬ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО НАЗВАНИЯ .....	186
Е. Н. Хохликова, М. Н. Хохликова. УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДОВ (на примере Петрозаводска) .....	189
А. Л. Чухарев. РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ «ОЗЕРА КАРЕЛИИ» .....	195
V. A. Jandová, J. Svobodová. INFLUENCE OF LANDSCAPE ANTHROPOGENIC CHANGES ON THE GREY PARTRIDGE POPULATION IN THE CZECH REPUBLIC. A REVIEW .....	199
Тезисы .....	205



Часть 1

# Гидрология и математическое моделирование







# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА В ВОДОЕМЕ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТОМ ЛЬДОМ

Н. С. Блохина, А. Е. Орданович, Д. Н. Николаева

*Московский государственный университет*

## Введение

Изучение механизмов, влияющих на формирование течений и процессов перемешивания в водоемах в различные периоды года, является одним из важнейших направлений гидрофизических исследований. К числу явлений, знание закономерностей которых необходимо для прогноза термического и динамического режима озер и водохранилищ, относится плотностное перемешивание, обусловленное переходом температуры воды через температуру максимальной плотности и образованием в связи с этим фронтального раздела – термического бара (ТБ) [8, 9].

Термобар образуется в пресных и солоноватых водоемах ( $S \leq 24\%$ ) средних широт в период освобождения их от ледяного покрова и осенью в период ледостава. Весенний термобар возникает около берега, когда прибрежные воды прогреваются до температуры максимальной плотности. В пресных водоемах поверхностные воды, достигшие температуры  $4^\circ\text{C}$  (температура максимальной плотности), опускаются ко дну, формируя столб наиболее плотных вод – термобар. Взаимодействие прибрежных вод с температурой больше  $4^\circ\text{C}$  с холодными водами в глубоководной части водоема происходит в узкой фронтальной зоне, которая является фронтом термобара. Справа и слева от фронта возникают сходящиеся ячейки. Термобар разделяет водоем на прибрежную и глубинную области, где формируются различные по структуре динамические и термические поля. Он ограничивает обмен веществом между этими областями, что препятствует распространению загрязнений из прибрежной зоны, влияя на экологическое состояние водоема. В связи с этим изучение термогидродинамических процессов в водоемах в период существования в них термобара представляет научный и практический интерес.

Современное состояние исследований термического бара характеризуется достаточным количеством данных натурных измерений, единичными лабораторными экспериментами и небольшим количеством математических моделей (в том числе работ авторов), описывающих реальный процесс. Однако все имеющиеся работы по изучению особенностей течений и температурных распределений в водоеме в период существования в нем термобара, как правило, ограничиваются случаем, когда водоем полностью свободен от ледового покрова. В то же время термобар может возникать в озерах у берега еще до полного разрушения льда в центре водоема, что существенно скажется на скорости прогрева водоема и формировании в нем течений.

Настоящая работа посвящена построению математической модели, позволяющей изучать термогидродинамические процессы в пресных водоемах, частично покрытых льдом в период развития весеннего термобара.

## Постановка задачи

Для изучения динамики развития термобара весной рассматривается движение жидкости в области, соответствующей половине водоема, симметричного относительно оси  $X_3$ , вытянутого в направлении оси  $X_1$ , и имеющей наклонное дно (рис. 1).

Для описания термогидродинамических процессов в вязкой несжимаемой жидкости используется система уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска, уравнение теплопроводности, неразрывности и уравнение состояния для пресной воды в районе температуры аномальной плотности:

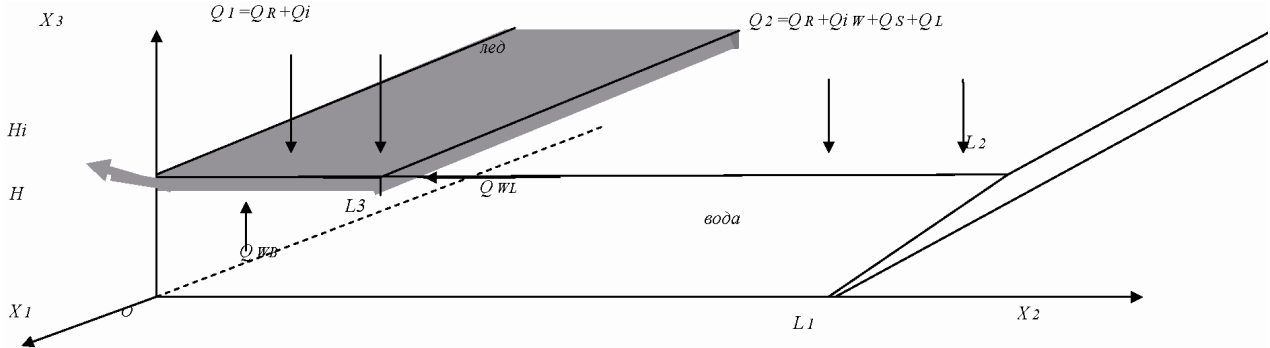
$$\rho(T) = \rho_0(1 - \gamma(T - 4^\circ\text{C})^2) \quad (1)$$

Здесь  $T$  – температура,  $\rho$  и  $\rho_0$  – плотность воды при температуре  $T$  и  $4^\circ\text{C}$  соответственно,  $\gamma = 0,000085 \text{ град}^{-2}$ .

Считается, что вдоль оси  $X_1$  движение однородно, а крупномасштабные конвективные структуры, возникающие справа и слева от термобара, формируются в турбулентной среде. Для выделения крупномасштабных структур в турбулентной среде система уравнения термогидродинамики



преобразуется согласно методике, предложенной в работе [6]. В результате получаются системы уравнений для конвективных упорядоченных структур и мелкомасштабной составляющей потока. Система уравнений для мелкомасштабной составляющей не решается, а для замыкания первой системы уравнений вводится коэффициент турбулентной вязкости  $\nu_T$ . Подробно вывод окончательной системы уравнений и уравнения замыкания дан в работе [3]. При этом учитывалась однородность движения вдоль оси  $X_1$ , что позволило записать исходную систему уравнений в переменных функции тока  $\psi$  и вихря  $\varphi$ .



**Рис. 1. Схема водоема:**

$H$  – глубина водоема,  $L_1$  – ширина по дну,  $L_2$  – ширина по поверхности,  $L_3$  – расстояние от центра водоема до границы вода – лед,  $Q_1 = Q_R + Q_i$  и  $Q_2 = Q_R + Q_{iW} + Q_S + Q_L$  – суммарные потоки тепла, приходящие на верхнюю границу льда и воды соответственно.  $Q_{WB}$  и  $Q_{WL}$  – потоки тепла от воды к нижней и боковой границам льда.  $H_i$  – толщина льда. Остальные обозначения даны в тексте

С учетом сделанных предположений система уравнений термогидродинамики и уравнение замыкания в безразмерной форме в переменных  $\psi$ ,  $\varphi$  и  $T$  приобретают вид:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \left( \frac{\partial \psi}{\partial x_3} \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} - \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} \right) + \mu \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_3^2} \right) - 2(T - T_4) \frac{\partial T}{\partial x_2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \left( \frac{\partial \psi}{\partial x_3} \frac{\partial T}{\partial x_2} - \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \frac{\partial T}{\partial x_3} \right) = \mu \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x_3^2} \right) \quad (3)$$

$$\Delta \psi = \varphi \quad (4)$$

$$\mu^2 = \left( \frac{\nu_T}{H \sqrt{gH}} \right)^2 = \frac{c^3}{s} \int_s \left[ 4 \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_2 \partial x_3} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_3^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_2^2} \right)^2 ds - (T - T_4) \frac{\partial T}{\partial x_3} \right] ds \quad (5)$$

Здесь  $\mu = \nu_T / H \sqrt{gH}$  – безразмерный коэффициент турбулентной вязкости,  $T_4$  – безразмерное значение температуры максимальной плотности. При обезразмеривании уравнений в качестве масштаба приняты: для расстояний – глубина водоема  $H$ , температуры –  $\sqrt{I/\gamma}$ , скорости –  $\sqrt{gH}$ , времени –  $\sqrt{H/g}$  ( $g$  – ускорение свободного падения).

Граничные условия для системы уравнений записываются следующим образом.

На дне водоема и правой наклонной боковой границе – условия прилипания и непроницаемости для скорости и отсутствия потока тепла соответственно имеют вид:

$$\frac{\partial \psi}{\partial x_2} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_3^2} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{\partial \psi}{\partial n} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial n^2} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial n} = 0 \quad (6)$$

На левой границе области задается условие симметрии для всех переменных.

$$\frac{\partial T}{\partial x_2} = 0, \quad \psi = 0, \quad \phi = 0 \quad (7)$$

На верхней границе для части водоема, свободного ото льда, граничные условия примут вид:

$$-\mu \frac{\partial T}{\partial x_3} = Q_2^b, \quad \frac{\partial \psi}{\partial x_2} = 0, \quad \phi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_3^2} = 0, \quad (8)$$

$$\text{а подо льдом: } \frac{\partial \psi}{\partial x_2} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_3^2} = 0, \quad T = 0 \quad (9)$$

Здесь  $Q_2^b = Q_2 / Q^b$ , где в качестве масштабов потоков принята величина  $Q^b = \sqrt{\gamma} / c_o \rho_o \sqrt{gH}$ . Поток  $Q_2 = Q_R + Q_{iw} + Q_S + Q_L$  состоит из  $Q_R$  – потока радиации, поступающей от солнца;  $Q_S = \rho_a c_p C_T (T - T_a) V$  – потока явного тепла;  $Q_L = LC_q (q - q_a) V$  – потока скрытого тепла;  $Q_{iw} = \delta_w \sigma (T_K + T)^4 (0.39 - 0.05 e_a^{1/2}) (1 - 0.6 n^2)$  – потока длинноволнового излучения с поверхности воды ( $T_K = 273,15 K - 0^\circ C$ ), учитывающий облачность и обратную радиацию в отсутствие облаков [4]. В этих выражениях  $\delta_w = 0,93$  излучающая способность воды,  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана,  $c_o$  – теплоемкость воды,  $\rho_a$  – плотность воздуха,  $c_p$  – теплоемкость воздуха при постоянном давлении,  $C_T$  и  $C_q$  – коэффициенты Стентона и Дальтона для переноса тепла и влаги, соответственно,  $L$  – скрытая теплота парообразования,  $T_a$  и  $q_a$  – температура и удельная влажность воздуха,  $T$  и  $q$  – температура поверхности воды и удельная влажность вблизи ее поверхности,  $V$  – скорость ветра над поверхностью водоема,  $n$  – балл облачности,  $e_a$  – численное значение парциального давления водяного пара, измеренное в миллибарах при температуре  $T_a$ .

Выражение для скрытого потока тепла  $Q_L$  в зависимости от температуры подстилающей поверхности  $T$  может быть записано с учетом относительной влажности воздуха  $f$  и зависимости насыщающей влажности  $\Phi(T_a)$  от температуры воздуха в виде [1, 2]:

$$Q_L = LC_q (q - q_a) V = LC_q ((1 - f) \Phi(T_a) + \frac{\partial \Phi}{\partial T} (T - T_a)) V.$$

Парциальное давление водяного пара  $e_a$  в выражении для  $Q_{iw}$  запишем через насыщающую упругость водяного пара  $E$  и  $f$  согласно соотношениям работы [10]. Тогда  $Q_{iw} = \delta_w \sigma (T_K + T) (0.39 - 0.05 (E(T_a) * f / 100)^{1/2}) (1 - 0.6 n^2)$ .

Толщина ледяного покрова  $H_i$  определяется из уравнения:

$$\frac{\partial H_i}{\partial t} = \frac{(Q_{WB} + Q_{WL} + Q_i)}{L_i r_i}. \quad (10)$$

По мере прогрева водоема толщина льда уменьшается, лед тает и ледовая кромка перемещается к центру водоема. На поверхности водоема, где в данный момент времени толщина льда равна нулю, задаются граничные условия (9).

В уравнении (10)  $Q_i = Q_R + Q_i$  – суммарный поток тепла, состоящий из потока радиации от Солнца  $Q_R$  и  $Q_i = \delta_i \sigma T_K^4 (0.39 - 0.05 e_a^{1/2}) (1 - 0.6 n^2)$  – потока длинноволнового излучения с поверхности льда. Здесь  $\delta_i = 0,98$ ,  $L_i$  и  $r_i$  – удельная теплота плавления и плотность льда.  $Q_{WB}$  и  $Q_{WL}$  – потоки тепла, поступающие к нижней границе и кромке льда, вычисляются по формулам согласно работе [5].

В качестве начальных условий задаются распределения температуры, функции тока и вихря, соответствующие расчетным полям для ситуации, когда термобар возник у самого берега, а центральная часть водоема частично покрыта льдом определенной толщины и длины или свободна от него.

Задача решается численно. Система уравнений, граничные условия и уравнение замыкания записываются в конечно-разностном виде. Используется явная конечно-разностная схема. Уравнение Пуассона решается методом последовательной верхней релаксации [7]. Расчеты проводятся на сетке  $26 \times 75$  с шагом сетки по вертикали 0,4 м, а по горизонтали – 10 м.

Рассматривается движение жидкости в водоеме глубиной  $H = 10$  м и шириной  $L_l = 750$  м (половина водоема) (рис. 1) при различной толщине (1 и 3 см) и протяженности ледяного покрова (50 и 80 м), температуре и относительной влажности воздуха.

Для выявления особенностей течения в водоеме в период развития термобара проводятся сравнения результатов расчетов для случаев, когда в начальный момент времени водоем полностью свободен ото льда и частично покрыт льдом для температуры атмосферы  $T_a = 8^\circ\text{C}$ , относительной влажности воздуха  $f = 60\%$  и балла облачности  $n = 0$ . Поток солнечной радиации, поступающий на поверхность водоема, равняется  $Q_R = 450 \text{ Вт/м}^2$ . В результате расчетов были получены поля распределения температуры  $T$ , функции тока  $\psi$  и скоростей течений в водоеме и др. На основе этих расчетов оценивается месторасположение термобара в различные моменты времени, время его жизни и скорость перемещения, время таяния ледяного покрова и другие характеристики течений. Так как качественно картина течений для различных параметров ледяного покрова развивается одинаково, проводится сравнение результатов расчетов для случая, когда в начальный момент времени лед имел толщину  $h = 1 \text{ см}$  и длину  $L_3 = 50 \text{ м}$  (6 точек по оси абсцисс; рис. 2). Отметим, что на рис. 2 и 3 – температура воды  $T$  обозначена в  $^\circ\text{C}$ , а по оси абсцисс и ординат отложены номера узлов расчетной сетки по горизонтали и вертикали соответственно.

### Обсуждение результатов

Анализ результатов расчетов в водоеме, частично покрытом льдом, показал, что развитие термобара в нем можно разделить на три фазы. Первая фаза связана с началом развития термобара, формированием вихря у кромки льда и его развитием вплоть до времени полного таяния ледяного покрова. Вторая – с перемещением ТБ до вихревой структуры, сформировавшейся в районе ледяного покрова в центре водоема. Третья – с вытеснением прибрежной циркуляцией, ограниченной слева термобаром, глубоководного вихря, сформировавшегося в районе ледяного покрова.

На рис. 2 представлены поля распределения температуры и функции тока в первой фазе развития течений и термобара в водоеме. Подо льдом наблюдается распределение температуры, соответствующее устойчивой стратификации (рис. 2,  $t = 0,134 \text{ ч}$ ). Однако у кромки льда температура немного выше, чем в нижележащих слоях воды, что приводит к возникновению интенсивного глубинного вихря (ГВ) около центра водоема. Центр вихря совпадает с месторасположением кромки льда, а сам вихрь заходит за нее на 30–40 м. Он вращается в направлении движения циркуляции (по часовой стрелке), охватывающего в этот момент времени область от центра водоема до прибрежной циркуляции. К моменту времени  $t = 0,51 \text{ ч}$  ГВ стал более интенсивным, хотя ледовый покров еще не начал уменьшаться по длине. Увеличение интенсивности этого вихря приводит к выравниванию температуры вблизи ледяного покрова по вертикали и возникновению большого градиента температуры в этой области. Слева от ГВ он составляет около  $0,1^\circ\text{C/м}$ , а справа – лишь  $0,0014^\circ\text{C/м}$ . Через 3,5 ч лед начинает таять. ГВ увеличивается в размере, достигая центра водоема и занимая область, примерно в 2 раза большую, чем длина ледяного покрова в начальный момент времени. В течение нескольких часов с  $t = 3,5 \text{ ч}$  до  $t = 8,08 \text{ ч}$  лед полностью растаял. В этот период времени вихрь уже практически не теряет своей интенсивности. После того как водоем полностью освобождается ото льда, ледяной покров не препятствует дальнейшему прогреву водоема, что способствует увеличению ГВ в размере до 190–200 м

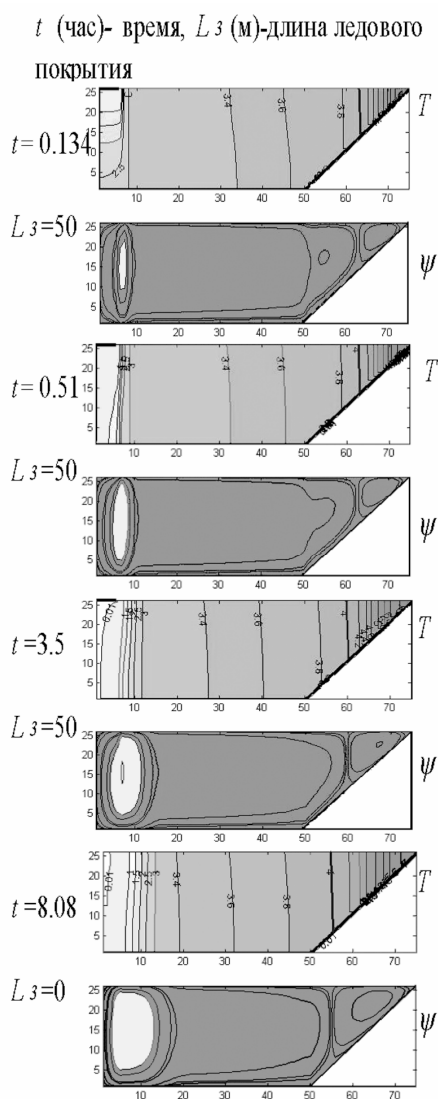


Рис. 2. Поля распределения температуры ( $T$ ) и функции тока ( $\psi$ ) для случая водоема, частично покрытого льдом (в начальный момент времени), в первой фазе развития термобара



(рис. 2,  $t = 8,08$  ч). Далее, вплоть до третьей стадии развития термобара, этот вихрь не изменяется в размере. Он охватывает область, примерно в 3–4 раза большую, чем заданный в начальный момент времени горизонтальный размер ледового покрова.

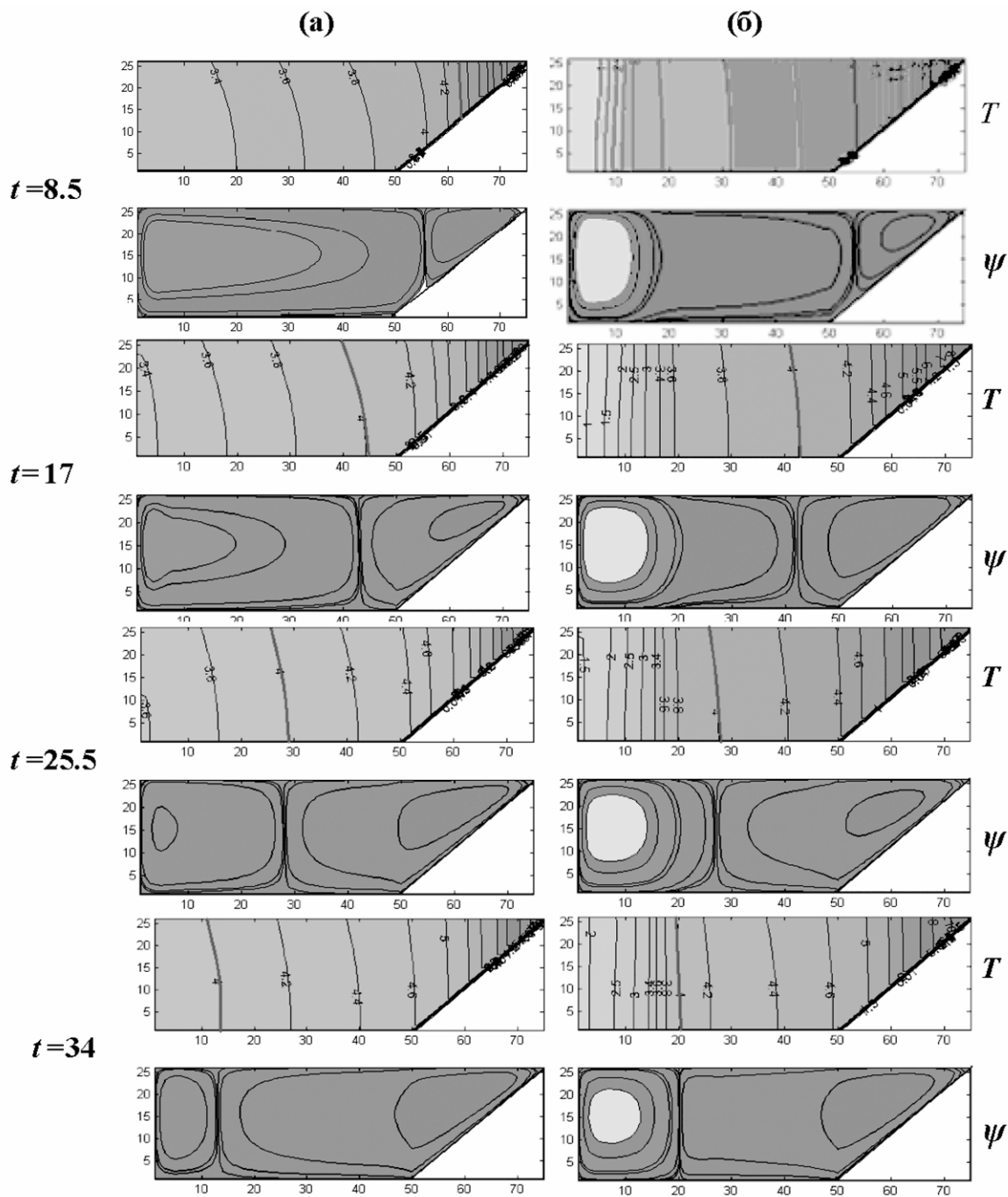


Рис. 3. Поля распределения температуры ( $T$ ) и функции тока ( $\psi$ ) для случая водоема, свободного ото льда (а) и частично покрытого льдом (б), в различные моменты времени  $t$  после начала его прогрева

Следующие две стадии развития термобара и термогидродинамических процессов в водоеме наглядно прослеживаются на рис. 3. Сравнение результатов расчетов в одни и те же моменты времени для случаев водоема свободного (а) и частично покрытого льдом (б) в начальный момент времени позволяет выявить особенности распространения термобара и течений в водоеме. Через 8,5 ч после начала прогрева в водоеме образуется структура течений и температурное распределение, представленное на рис. 3, б ( $t = 8,5$  ч) и отличное от случая (а). Месторасположение термобара

в этих двух случаях остается одинаковым. Распределение изотерм во всей области, исключая центральную часть размером 200 м (20 узлов расчетной сетки), схоже. Отличие лишь в их наклоне. Ближе к центру водоема (случай б) наблюдается значительный градиент температуры по горизонтали. Конвективные вихри справа и слева от термобара в случае (а) и (б) остаются одинакового размера. Однако во втором случае внутри антициклонического вихря, охватывающего водоем от центра до термобара, в центре водоема существует интенсивный глубинный вихрь.

По мере прогрева водоема прибрежный циклонический вихрь увеличивается в размере и достигает внутреннего ГВ. В этот период времени термобар в случае (б) до момента времени  $t = 34$  ч (рис. 3, б) распространяется в глубинную область с той же скоростью (порядка 18,4 м/ч), что и в случае водоема, свободного ото льда.

В третьей фазе развития термобара прибрежный циклонический вихрь достигает ГВ, а антициклонический вихрь сливается с ним (рис. 3, б;  $t = 34$  ч). К этому моменту времени скорость распространения ТБ существенно уменьшается до 3,68 м/ч. Дальнейший прогрев водоема приводит к тому, что центральная его часть постепенно прогревается, градиент температуры в ней уменьшается. Глубинный вихрь также постепенно уменьшается в размере, теряя свою интенсивность, и к моменту времени  $t = 93,5$  ч полностью исчезает.

Оценки скорости распространения термобара в первой-второй (СРТ-1-2) и третьей (СРТ-3) стадиях его развития и время жизни термобара (ВЖТ) при различных значениях толщины и длины ледового покрова представлены в табл. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в первой фазе и в большей части времени второй фазы развития термобара (до момента приближения термобара к ГВ) для всех рассмотренных случаев термобар распространяется с одинаковой скоростью – около 18,4 м/ч. При расстоянии до ГВ приблизительно на 200 м скорость его распространения начинает замедляться. После достижения термобара ГВ скорость его перемещения значительно уменьшается в зависимости от первоначальной толщины и месторасположения льда.

**Скорость перемещения и время жизни термобара при различной толщине и длине ледового покрова в разных фазах его развития**

	Лед отсутствует	Толщина льда – 1 см		Толщина льда – 3 см	
Длина льда $L_3$ , м		50	80	50	80
СРТ-1-2, м/ч	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
СРТ-3, м/ч	18,4	3,68	3,4	3,14	2,76
ВЖТ, ч	38	93,5	99	105	116

Из табл. видно, что даже тонкий лед, покрывающий в начальный момент времени 1/15 длины водоема, может примерно в 2,5 раза увеличить время жизни термобара.

### Выводы

В работе построена математическая модель, позволяющая изучить термогидродинамические процессы и динамику развития термобара весной в водоеме в период освобождения его ото льда. Выявлены три характерные фазы развития термобара в водоеме, частично покрытом льдом (в момент начала его прогрева), в отличие от случая водоема, свободного ото льда. Показано, что особенности течений в водоеме весной связаны с формированием интенсивного конвективного вихря у кромки ледяного покрова, способствующего образованию столба холодной воды с большим горизонтальным градиентом температур, который является барьером для перемещения термобара. Оценки скорости распространения термобара показали, что до момента его приближения к глубинному вихрю (около кромки льда) она не зависит от наличия ледового покрова на поверхности водоема. Время жизни термобара весной в водоеме, частично покрытом льдом и свободном ото льда, может отличаться в несколько раз в зависимости от толщины и длины ледяного покрова.

Работа выполнена при финансировании РФФИ (грант № 11-05-01146-а).

## Литература

1. Блохина Н. С., Орданович А. Е. Влияние гидрометеорологических условий на конвективные вихревые структуры в верхнем слое водоема // Метеорология и гидрология. 1992. № 10. С. 55–62.
2. Блохина Н. С., Орданович А. Е. Влияние температуры и относительной влажности воздуха на изменение теплозапаса водоема, его энергообмен с атмосферой и перемещение весеннего термобара в ночное время // Сб. науч. тр. «Физические проблемы экологии (экологическая физика)». № 16. М., 2010. С. 38–47.
3. Блохина Н. С., Овчинникова А. В., Орданович А. Е. Математическое моделирование весеннего термобара в неглубоком водоеме // Вест. Моск. ун-та. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2002. № 2. С. 60–66.
4. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 1. М., 1986. 397 с.
5. Гоголев Е. С., Красавин А. Н. Влияние ориентации ледяной поверхности на интенсивность теплоотдачи от воды ко льду в условиях свободной конвекции // ИФЖ. 1984. Т. 46, № 3. С. 447–451.
6. Ковалев В. А., Орданович А. Е. Физико-математическая модель турбулентного горизонтального стратифицированного потока с учетом когерентных структур: Препринт. М., 1981.
7. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М., 1980. 616 с.
8. Тихомиров А. И. О термическом баре в Якимварском заливе Ладожского озера // Изв. Всесоюз. геогр. об-ва. 1959. Т. 91, № 5. С. 424–438.
9. Тихомиров А. И. Термика крупных озер. Л., 1982. 232 с.
10. Хргиан А. Х. Физика атмосферы. Л., 1969. 647 с.

## О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗАЛИВА ГНИЛЬНО НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ НИЖНЕ-СВИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

В. А. Горская<sup>1</sup>, Е. Л. Белозерова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Лодейнопольский Детский центр эстетического развития

### Введение

Работа выполнена на территории Нижне-Свирского государственного природного заповедника (рис. 1), одной из задач которого является охрана редких птиц в рамках существующей программы «Изучение биоразнообразия». Среди них скопа и орлан-белохвост – виды, занесенные в Красную книгу России [15]. Размножаясь без помех в заповеднике, они увеличивают свою численность настолько, что вынуждены выходить за его пределы [19].



Рис. 1. Местоположение Нижне-Свирского заповедника



Однако сейчас возникают определенные сложности, связанные с состоянием кормовой базы этих птиц. Известно, что скопа – ихтиофаг, основой питания орлана-белохвоста тоже является рыба [15, 24]. Но в последнее время численность рыбного населения в водоемах Ленинградской области сокращается, что связано с влиянием антропогенных факторов [1]. Даже на территории Нижне-Свирского государственного заповедника (рис. 2), где запрещена любая хозяйственная деятельность, водоемы также подвержены действию антропогенных факторов. В последние годы также установлена тенденция к стиранию различий между структурой зоопланктонных сообществ на участках залива Лахта, расположенных на различном удалении от Свири, что может привести к обеднению ихтиофауны залива и неблагоприятно скажется на состоянии кормовой базы скопы и орлана-белохвоста, обитающих в его окрестностях [12].

Кроме Лахты и Ладожского озера, кормовым участком гнездящихся в заповеднике скопы и орлана-белохвоста является залив р. Свирь Гнильно (рис. 2). Но в период с 1995 по 2007 г. здесь произошло замыкание устья [6, 20–22] (рис. 3), что связано, прежде всего, с воздействием судоходства (превышение скорости движения судов) и работой Нижне-Свирской ГЭС [6]. Известно, что изменение гидрологического режима влияет на зоопланктон [7], а это в свою очередь приводит к изменению состава биоценоза [12]. Изменения структуры сообщества зоопланктона могут повлиять на ихтиофауну – кормовой объект скопы и орлана-белохвоста [15, 24]. Поэтому объектом представленного исследования является зоопланктон.

Поскольку изученный залив входит в состав Нижне-Свирского государственного заповедника, на него не оказывают воздействия никакие другие антропогенные факторы, и он может быть модельной экосистемой для изучения влияния изменения гидрологического режима. Это говорит об актуальности проведенного исследования, так как известно, что в настоящее время на территории России эксплуатируется около трех тысяч водохранилищ и продолжается строительство малых гидротехнических сооружений без достаточного инженерного обоснования, что приводит к изменению гидрологического режима и, как следствие, нарушению структуры водных биоценозов [17]. Кроме того, полученные данные позволяют определить возможные пути развития фауны Нижне-Свирского заповедника и дополняют список обитателей его водоемов.

Цель работы: определить, как влияет изменение гидрологического режима на биоразнообразие Нижне-Свирского заповедника.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

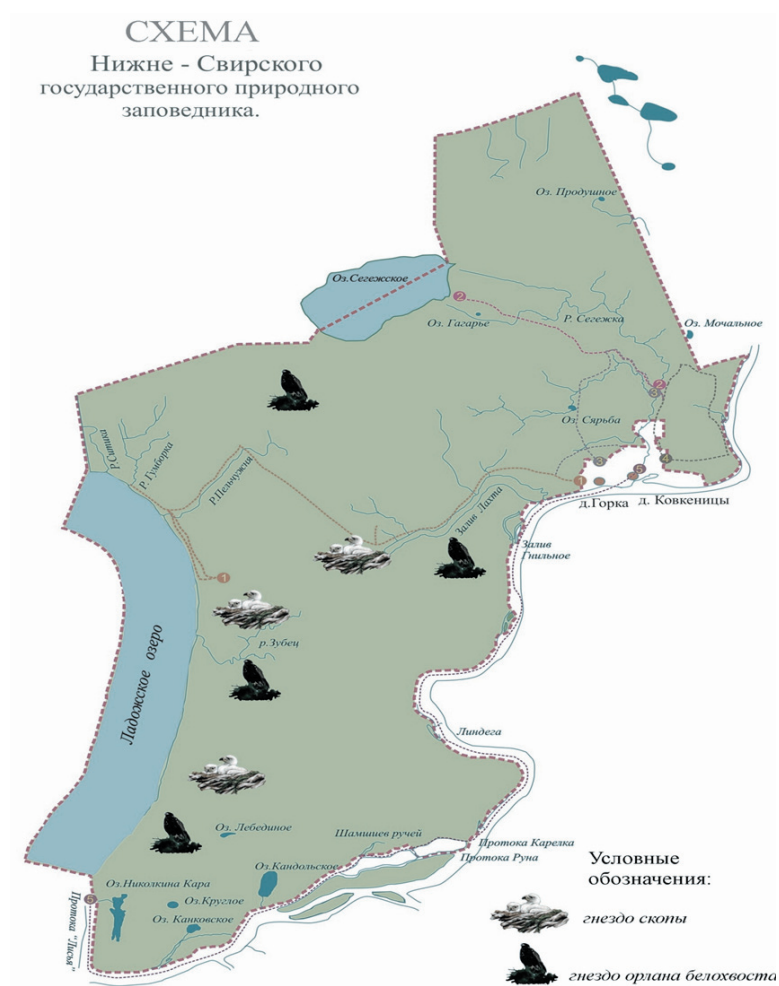
- отобрать пробы зоопланктона в заливе Гнильно,
- определить структуру данного сообщества,
- сравнить структуру зоопланктона, определенную в 2007 г., с имеющимися данными 2003 г.,
- выяснить, как повлияет изменение данного сообщества на ихтиофауну и орнитофауну заповедника.

Гипотеза. Можно ожидать, что изменение гидрологического режима повлияет на структуру зоопланктона – основу цепей питания водного биоценоза, что может привести к снижению численности и видового разнообразия ихтиофауны и, как следствие, изменению численности редких рыбоядных птиц.

### Материал и методика

Работа проведена на приустьевом (прилегающем к реке) участке залива, который был тесно связан с рекой до замыкания устья [6, 20]. Поэтому изучение влияния изменения гидрологического режима на состав этого биоценоза позволит выявить закономерности динамики его развития при данном воздействии.

Материалом послужили данные, полученные при изучении количественных проб зоопланктона, отобранных в августе 2007 г. на двух станциях (рис. 4). При этом на каждой из них были выбраны три точки в следующих формациях: кубышки желтой, частухи подорожниковой, хвоща. Пробы отобраны в трехкратной повторности в поверхностном слое. При этом использована планктонная сеть № 70, через которую пропущено 50 л воды. Для фиксации организмов зоопланктона применялся 40%-ный формалин. Качественный состав животных определяли под микроскопом «Биолам» [4], их количественный учет в пробе проводился с использованием камеры Богорова. Численность ( $n$ ) организмов некоторого вида в пробах рассчитывалась по формуле:  $n = (V \cdot m) : v$ , где  $V$  – объем пробы,  $v$  – количество порций, в которых они учитывались,  $m$  – численность организмов в просмотрен-



**Рис. 2. Расположение гнезд скопы и орлана-белохвоста на территории Нижне-Свирского заповедника**



**Рис. 3. Приустьевый участок залива Гнильно. На заднем плане – р. Свирь**

ных пробах. Выборочную плотность организмов (экз./л) в каждой пробе рассчитывали как отношение численности организмов к объему воды, обловленному сетью [4]. Исходя из полученных данных, рассчитывали среднее значение выборочной плотности, погрешность средней величины. Проведена также оценка достоверности различия средних значений [3]. Обилие данного вида в пробе определяли как процент отношения плотности данного организма к суммарной плотности организмов, входящих в сообщество. Исходя из значения данного показателя, определены единичные и доминирующие виды и таксономические группы [9].

Авторы выражают свою благодарность участникам экспедиций кружка «Исследователи природы» за помощь в сборе и обработке материала.

### Полученные результаты

Установлено, что в августе 2007 г. зоопланктон изученного участка был представлен 15 таксонами родового и видового уровня, при этом отмеченные животные относились к типам членистоногих и коловраток (табл. 1). Тип членистоногих был представлен классом ракообразных, среди которых отмечены представители отрядов ветвистоусых и веслоногих (табл. 1). В 2003 г. в данное сообщество входило 10 таксонов родового и видового уровня, также относящихся к типам членистоногих и коловраток. Увеличение видового разнообразия в данный период произошло за счет возрастания количества видов ветвистоусых ракообразных (рис. 5). И в 2003, и в 2007 г. максимальное видовое разнообразие и плотность определены для ветвистоусых ракообразных (рис. 5, табл. 1). Среди данной группы животных максимальную плотность в 2007 г. имела *Ceriodaphnia quadrangula*, а минимальную – *Moina* sp., *Ilyocryptus acutifrons*, *Daphnia longispina*. В 2003 г. максимальную плотность имела *Bosmina longispina*, а минимальную – *Bythotrephes longimanus*, *Chydorus sphaericus*.

В зоопланктоне изученного участка в 2007 г. обнаружено четыре вида коловраток, из них максимальную плотность имела *Asplancha priodonta*. В 2003 г. на приустьевом участке залива было обнаружено только три вида коловраток, хотя максимальную плотность также имела *Asplancha priodonta*.

В 2007 г. веслоногие ракообразные были представлены одним родом *Mesocyclops* sp., и для него определено максимальное обилие (31,5%), в то время как в 2003 г. в данную группу животных входили представители двух родов: *Mesocyclops* sp. и *Eudiaptomus* sp., и они играли незначительную роль в сообществе. И в 2007, и в 2003 г. организмы, входящие в состав изучаемого сообщества, по типу питания относились к пяти группам: первичные и вторичные фильтраторы, собиратели, хищники, всасывающие формы, при этом среди них преобладали первичные фильтраторы, обилие которых снизилось с 89% до 45%. В зоопланктоне изученного участка в 2007 и 2003 гг. преобладали плавающие формы, реже встречались ползающие формы. В 2007 г. в данном сообществе выделены три класса сапробионтов – альфа-мезосапробы, бета-мезосапробы и олигосапробы, в то время как в 2003 г. альфа-мезосапробы не встречались. В рассматриваемый период в зоопланктоне изученного участка доминировали бета-мезосапробы.

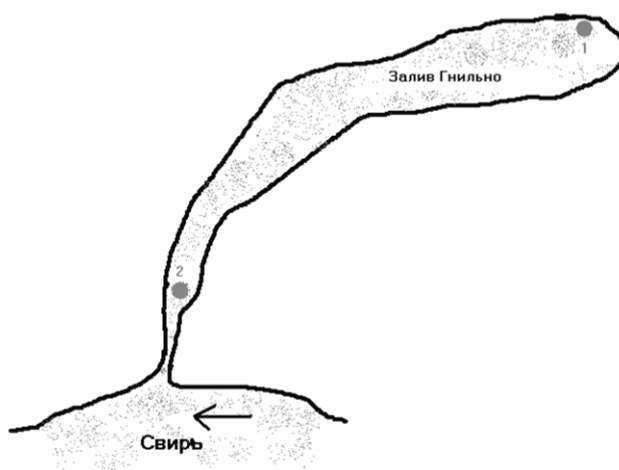


Рис. 4. Участки отбора проб зоопланктона в заливе Гнильно:

1 – Кут, 2 – приустьевый участок

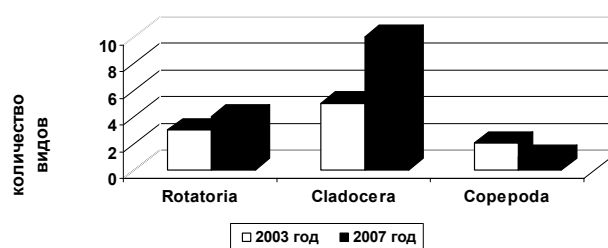


Рис. 5. Количество видов в крупных таксонах зоопланктона на изученном участке в 2003 и 2007 гг.



Структура зоопланктона на приустьевом участке залива Гнильно в 2003 и 2007 гг.

Таксон	Тип питания	Тип передвижения	Сапробность	Плотность, экз./л		Обилие, %	
				2003	2007	2003	2007
Класс Веслоногие ракообразные – Copepoda							
<i>Eudiaptomus</i> sp.	Перв. фильтр.	Плавание	Олиго-	1,2	0	1,6	0
<i>Mesocyclops</i> sp.	Актив. захв.	Плав. + полз.	Бета-	2,3	198,4	3,0	31,5
Класс Ветвистоусые ракообразные – Cladocera							
<i>Bosmina longispina</i>	Перв. фильтр.	Плавание	Бета-	66,9	52,2	87,1	13,9
<i>Bythotrephes longimanus</i>	Актив. захв.	Плавание	Олиго-	0,3	0	0,4	0
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	Перв. фильтр.	Плавание	Олиго-	0	161,4	0	25,6
<i>Chydorus sphaericus</i>	Втор. фильтр.	Плав. + полз.	Бета-	3,7	38,9	4,9	6,2
<i>Daphnia longispina</i>	Перв. фильтр.	Плавание	Бета-	0	0,03	0	0,01
<i>Ilyocryptus acutifrons</i>	Собираетель	Плав. + полз.	Бета-	1,4	0,2	1,7	0,03
<i>Moina</i> sp.	Перв. фильтр.	Плавание		0	0,2	0	0,03
<i>Polyphemus pediculus</i>	Актив. захв.	Перв. фильтр.	Олиго-	1,2	12,1	1,6	1,9
<i>Scapholeberis mucronata</i>	Перв. фильтр.	Плав. + прикрепл.	Бета-	0	0,7	0	0,1
<i>Sida crystallina</i>	Перв. фильтр.	Плав. + прикрепл.	Олиго-	0	0,1	0	0,01
<i>Simocephalus vetulus</i>	Перв. фильтр.	Плав. + прикрепл.	Бета-	0	76,9	0	12,2
Тип Коловратки – Rotatoria							
<i>Asplanchna priodonta</i>	Всасывание	Плавание	Бета-	0,9	88,2	1,2	14,0
<i>Euchlanis</i> sp.	Всасывание	Плавание		0,3	0,4	0,4	0,06
<i>Filinia longiseta</i>	Перв. фильтр.	Плавание	Альфа-	0	0,1	0	0,01
<i>Kellicottia longispina</i>	Перв. фильтр.	Плавание	Олиго-	0,7	0	0,8	0
<i>Keratella cochlearis</i>	Перв. фильтр.	Плавание	Олиго-	0	0,1	0	0,01

Примечание. Здесь и в табл. 2: перв. фильтр. – первичные фильтраторы, актив. захв. – активный захват, втор. фильтр. – вторичные фильтраторы, плав. + полз. – плавающе-ползающие формы, олиго- – олигосапробы, бета- – бетамезосапробы, альфа- – альфа-мезосапробы.

### Обсуждение результатов

#### ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА НА ПРИУСТЬЕВОМ УЧАСТКЕ ЗАЛИВА ГНИЛЬНО В ПЕРИОД С 2003 ПО 2007 г.

Значение индекса видового сходства, рассчитанное для зоопланктона приустьевого участка залива Гнильно по данным за 2003 и 2007 гг., составляет 56% (рис. 6). Из этого следует, что в изученный период в данном сообществе произошли значительные изменения.

Эти изменения могут быть связаны с действием как природных, так и антропогенных факторов. Но если бы на зоопланктон приустьевого участка влияли только природные факторы, значение рассчитанного индекса было бы значительно выше и составило около 90%, как это определено в Куте (табл. 2) – участке, на который река не оказывает существенного воздействия даже при незамкнутом устье. Отсюда можно предположить, что на зоопланктон приустьевого участка влияют не только природные, но и антропогенные факторы (изменение гидрологического режима, происшедшее из-за замыкания устья залива). Такие изменения привели к прекращению перемешивания вод залива с более холодными водами Свири, вследствие чего ухудшился кислородный режим и

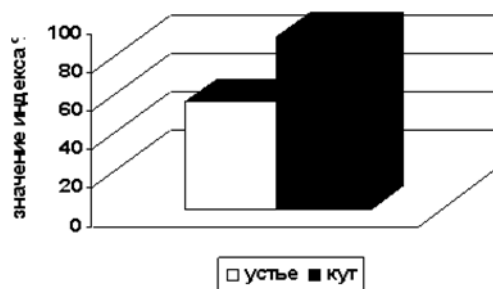


Рис. 6. Значения индексов видового сходства, рассчитанных для зоопланктона приустьевого участка и Кута по данным за 2003 и 2007 гг.

увеличилось содержание в воде взвешенных частиц и обилие сине-зеленых водорослей [4]. Установлено, что все это повлияло на структуру зоопланктона приустьевого участка данного водоема. Так, и в 2003, и в 2007 г. на этом участке доминировали ветвистоусые ракообразные, но в 2007 г. степень их доминирования уменьшилась (рис. 7). Это произошло из-за снижения обилия умеренно холодноводного вида *Bosmina longispina* [4] (рис. 8). Вместе с тем здесь определено увеличение значения данного показателя для литоральных видов *Ceriodaphnia quadrangula* и *Chydorus sphaericus* (рис. 8), что является следствием ослабления конкуренции за пищевые ресурсы между этими видами и *Bosmina longispina* [25].

Но темпы роста численности *Ceriodaphnia quadrangula* были более значительными по сравнению с *Chydorus sphaericus* (рис. 8). Можно предположить, что это зависит от способа передвижения данных видов: плавающе-ползающая форма *Chydorus sphaericus* является более легким объектом охоты хищника *Mesocyclops* sp., чем плавающая форма *Ceriodaphnia quadrangula* [10, 23].

Установлено, что в изученный период численность *Mesocyclops* sp. в сообществе возросла, что связано с увеличением доли его основного корма – коловраток (рис. 7) и отсутствием конкуренции, так как в изученном сообществе других хищников нет (табл. 1). Известно, что увеличение численности вида приводит к усилению внутривидовой конкуренции за пищевые ресурсы. А так как *Mesocyclops* sp. может не только плавать, но и ползать, он начинает использовать в пищу не только коловраток, но и плавающе-ползающие формы [10]. Этот факт подтверждает снижение численности не только *Chydorus sphaericus*, но и еще одной ползающе-плавающей формы *Hyocryptus acutifrons* (табл. 1). Значит, снижение численности *Chydorus sphaericus* в зоопланктоне изученного участка связано с увеличением численности *Mesocyclops* sp. Снижение обилия каланоидов (*Eudiaptomus* sp.) в изученный период (рис. 9) связано с увеличением содержания в воде взвешенных частиц и обилием сине-зеленых водорослей [4], что происходит при замыкании устья. Это объясняется тем, что из-за строения ротового аппарата, представляющего собой оперенные частицы максилл, эти животные могут питаться только нежными органическими взвешивами и мелкими водорослями [23], которые заменились при отделении залива от реки нитчатыми сине-зелеными водорослями и крупными частицами неразложившейся органики.

Таблица 2

Структура зоопланктона в Куте залива Гнильно в 2003 и 2007 гг.

Таксон	Тип питания	Тип передвижения	Плотность, экз./л		Обилие, %	
			2003	2007	2003	2007
Класс Веслоногие ракообразные – Copepoda						
<i>Mesocyclops</i> sp.	Перв. фильтр.	Плав. + полз.	1,7	10,7	5,2	62,7
Класс Ветвистоусые ракообразные – Cladocera						
<i>Bosmina</i> sp.	Перв. фильтр.	Плавание	3,64	5,3	15,7	31,04
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	Перв. фильтр.	Плавание	0,1	0,275	0,4	1,61
<i>Chydorus sphaericus</i>	Втор. фильтр.	Плав. + полз.	0,06	0,025	0,26	0,15
<i>Daphnia longispina</i>	Перв. фильтр.	Плавание	0,2	0,06	0,86	0,3
<i>Polyphemus pediculus</i>	Актив. захв.	Перв. фильтр.	0,32	0,025	1,4	0,15
Тип Коловратки – Rotatoria						
<i>Asplanchna priodonta</i>	Всасывание	Плавание	1,8	0,3	7,8	1,76
<i>Filinia longiseta</i>	Перв. фильтр.	Плавание	1,6	0	6,9	0
<i>Kellicottia longispina</i>	Перв. фильтр.	Плавание	0,06	0,075	0,26	0,44
<i>Keratella cochlearis</i>	Перв. фильтр.	Плавание	13,5	0,3	58,2	1,76
<i>Polyarthra</i> sp.	Перв. фильтр.	Плавание	0,5	0	2,2	0
<i>Trichocerca</i> sp.	Актив. захв.	Плав. + полз.	0,2	0,025	0,86	0,15

Кроме того, определено, что в изученный период в зоопланктоне приустьевого участка произошло увеличение суммарного обилия эвтрофных видов и снижение суммарного обилия олиготрофов (рис. 10).

Такое изменение структуры связано с увеличением сапробности [4] и произошло потому, что при перемешивании воды часть детрита выносилась из рассматриваемого участка залива в Свирь. После того как устье замкнулось, органика стала накапливаться непосредственно на этом участке. Это повлияло и на соотношение трофических группировок в данном сообществе (рис. 10–12), так как известно, что увеличение содержания органического вещества в водоеме приводит к увеличению обилия плавающе-ползающих форм, вторичных фильтраторов, хищников и собирателей [10]. Таким образом, в период с 2003 по 2007 г. в зоопланктоне приустьевого участка залива произошло значительное изменение состава и количественных характеристик.

#### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗАЛИВА ГНИЛЬНО

Установленные изменения зоопланктона могут привести к снижению биоразнообразия заповедника потому, что изученная группа животных является основой питания многих видов рыб, а значит, изменение ее качественных и количественных показателей повлияет на ихтиофауну – осно-

ву кормовой базы редких хищных птиц. Известно, что молодь всех рыб, обитающих в заливе Гнильно (щука, лещ, плотва, судак, окунь) [11], питается зоопланктоном, и только по мере роста их пищевые потребности постепенно расходятся [2, 8, 16]. Например, сеголетки щуки в день съедают циклопов 160–175% от массы своего тела [2]. А поскольку нами установлено, что обилие циклопов в сообществе в период с 2003 по 2007 г. увеличилось в 10 раз, можно ожидать увеличение численности популяции щуки из-за достаточного количества корма на ранних стадиях ее развития.

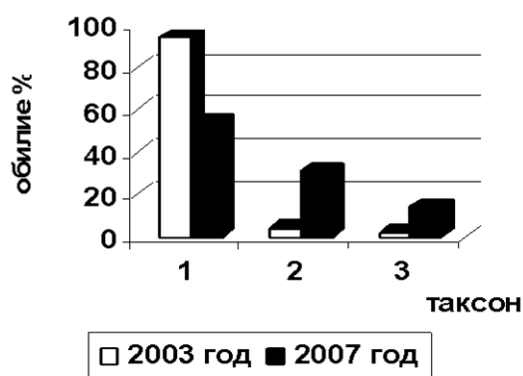


Рис. 7. Суммарное обилие крупных таксонов в зоопланктоне приустьевого участка в 2003 и 2007 гг.:

1 – ветвистоусые ракообразные,  
2 – веслоногие ракообразные, 3 – коловратки

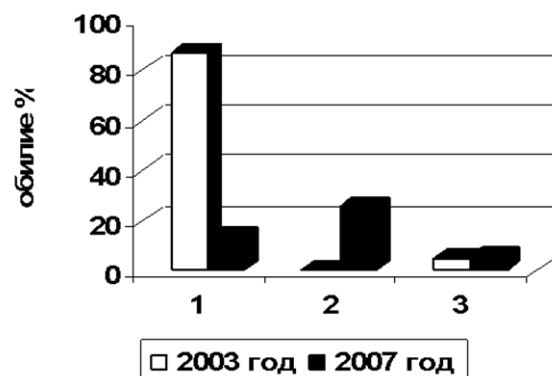


Рис. 8. Соотношение обилия некоторых ветвистоусых в зоопланктоне приустьевого участка в 2003 и 2007 гг.:

1 – *Bosmina longispina*,  
2 – *Ceriodaphnia quadrangula*, 3 – *Chydorus sphaericus*

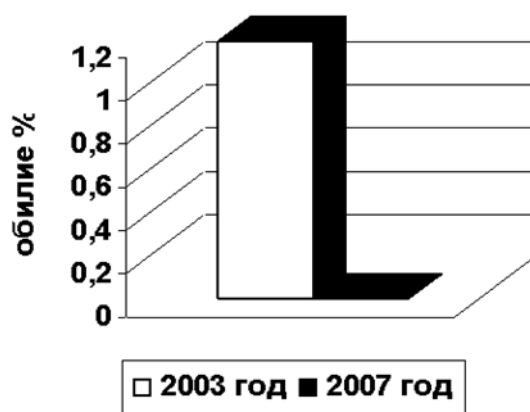


Рис. 9. Обилие *Eudiaptomus* sp. в зоопланктоне приустьевого участка в 2007 г.

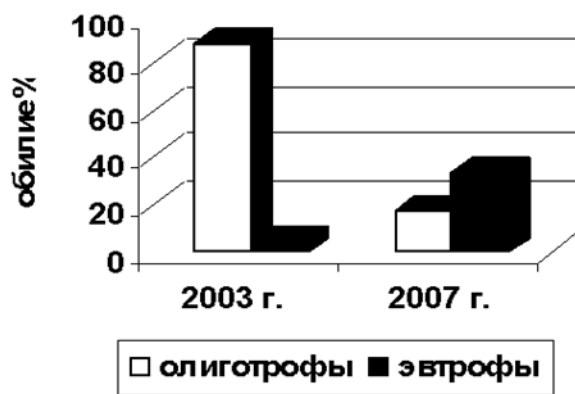


Рис. 10. Обилие олиготрофных и эвтрофных видов в зоопланктоне приустьевого участка в 2003 и 2007 гг.

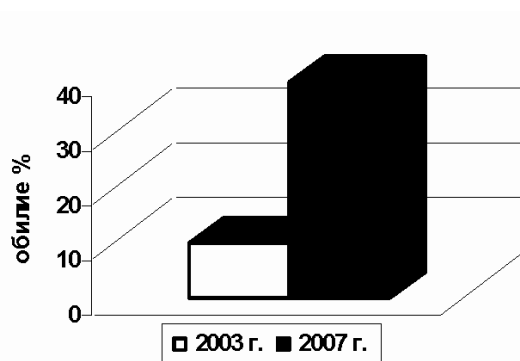


Рис. 11. Обилие плавающие-ползающих форм в зоопланктоне приустьевого участка в 2003 и 2007 гг.

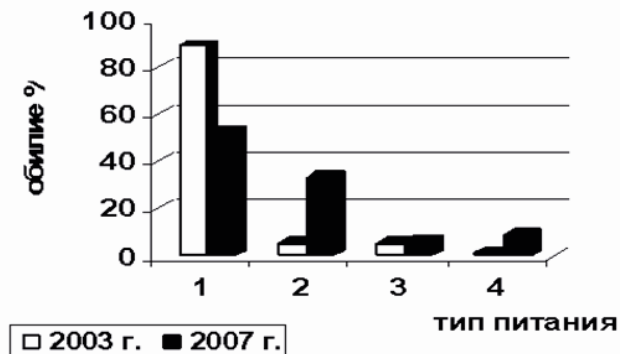


Рис. 12. Обилие организмов с различными типами питания в зоопланктоне приустьевого участка в 2003 и 2007 гг.



Известно, что в пищевой рацион взрослого леща входят зоопланктонные ракообразные (*Bosmina longispina*, *Chydorus sphaericus*, *Mesocyclops* sp.), которые составляют до 70% его питания [5]. Так как, по нашим данным, численность *Bosmina longispina* уменьшилась, а *Mesocyclops* sp. – увеличилась, то можно заключить, что кормовая база леща останется стабильной при замыкании устья.

По литературным данным, в спектре питания молоди судака доминируют планктонные коловратки и ракообразные [16]. Личинки судака питаются преимущественно коловратками рода *Polyarthra* sp. Значительно меньшую долю в их рационе составляют *Mesocyclops* sp. и *Bosmina longispina* [16]. Поскольку из сообщества исчезла *Polyarthra* sp. и снизилось обилие *Bosmina longispina*, то можно ожидать, что при изменении гидрологического режима этот вид будет питаться *Mesocyclops* sp. Известно, что треть рациона молоди окуня приходится на *Bosmina longispina*. Поэтому, исходя из наших данных (рис. 11), можно прогнозировать снижение численности данного вида. Поскольку в пище личинок плотвы, по литературным данным, преобладают *Polyarthra* sp., *Asplancha priodonta* и *Bosmina longispina* [8, 16], то можно ожидать, что кормовая база данного вида при замыкании устья ухудшится (табл. 1), потому что из сообщества исчезла *Polyarthra* sp., снизилась численность *Bosmina longispina*. Хотя численность *Asplancha priodonta* возросла, этого количества корма для личинок плотвы будет недостаточно для того, чтобы компенсировать снижение численности *Bosmina longispina*. Но на численность каждого представителя ихтиофауны влияет не только состояние кормовой базы, но и внутри- и межвидовые отношения, а также изменение абиотических факторов [2].

Например, лещ питается *Bosmina longispina*, но так как численность ее уменьшилась, он переходит на питание циклопом (*Mesocyclops* sp.) и должен бы стать конкурентом щуке и судаку. Но численность судака в заливе снижается из-за ухудшения кислородного режима [2], поэтому из рациона щуки исчезнет молодь этого вида. А поскольку в сообществе снижается еще и численность окуня (его молодь питается *Bosmina longispina*), в рационе щуки остаются только плотва и молодь леща. Но если судить по динамике кормовой базы, численность плотвы увеличиваться не будет. Значит, щука в большом количестве будет употреблять молодь леща, что и приведет к снижению численности данного вида. Таким образом, у молоди щуки не будет конкурентов за корм. При этом может начаться внутривидовая конкуренция и, как следствие, возникнет необходимость стабилизации численности популяции данного вида, что можно было бы достигнуть при дисперсии. Но это невозможно потому, что устье залива замкнулось. Поскольку известно, что перенаселенность популяции сказывается на размерах входящих в нее особей [25], можно ожидать, что размеры щуки в данном водоеме будут невелики. Кроме того, при высокой численности популяции щуки может снизиться численность молоди леща – основного объекта ее питания, а затем численность щуки упадет, но при этом численность молоди леща опять будет увеличиваться, и такие колебания численности будут происходить постоянно [25]. Следовательно, численность щуки в заливе в ближайшие годы останется высокой, но при этом размеры особей будут невелики, а численность популяции леща снизится.

Итак, выявленные изменения в зоопланктоне приведут к снижению некоторых видов рыб и уменьшению других. Это, в свою очередь, может повлиять на кормовую базу редких хищных птиц – скопы и орлана-белохвоста, гнезда которых расположены неподалеку от залива (рис. 2). О пищевом рационе ихтиофага скопы, обитающей на территории Нижне-Свирского заповедника, можно судить по данным, полученным для Ленинградской области. Так как известно, что основным кормом этой птицы здесь является щука и довольно часто она питается плотвой [15], можно говорить, что при замыкании устья залива Гнильно кормовая база скопы ухудшится. Поскольку спектр питания орлана-белохвоста значительно шире (рыбы, птицы, грызуны, падаль), то при отделении залива от реки кормовая база этой птицы ухудшится, но не так сильно, как у скопы. Так как кормовая база этих птиц на Ладожском озере и в заливе р. Свирь Лахта ухудшилась [1, 12], то обеднение рыбного населения залива Гнильно может привести к исчезновению этих птиц с территории заповедника.

### Выводы

1. Фактором, влияющим на численность редких рыбоядных птиц, обитающих в Нижне-Свирском заповеднике, является наличие кормовых ресурсов.
2. Комфортные условия для ихтиофауны заповедника во многом определяются качественным и количественным составом зоопланктона.

3. Под влиянием изменения гидрологического режима в заливе Гнильно произошла трансформация сообщества зоопланктона: изменился видовой состав, возросло количество видов за счет появления вторичных фильтраторов и ползающе-плавающих форм, снизилась доля ветвистоусых ракообразных.

4. Изменение структуры зоопланктонного сообщества привело к обеднению ихтиофауны залива.

5. Обеднение ихтиофауны залива ухудшает кормовую базу редких хищных птиц – орлана-белохвоста и скопы, что может стать причиной снижения их численности и в дальнейшем – исчезновения с территории заповедника.

### Литература

1. Аналитический обзор «О состоянии и охране окружающей среды Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2003 году» / Под ред. Т. В. Курышева, Л. В. Андреева. СПб., 2004. 325 с.
2. Анисимова И. М., Лавровский В. В. Ихтиология: Учебное пособие для с.-х. вузов. М., 1983.
3. Ашихмина Т. Я. Школьный экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. М., 2000.
4. Гришанков А. В., Степанова А. Б. Пресноводный зоопланктон Северо-Запада России: Учебно-методическое пособие. СПб., 2002.
5. Домрачев П. Ф. Питание и темп роста леща в Псковском и Чудском озерах.
6. Ермолина О. А. Некоторые вопросы экологии залива Гнильно: Рукопись. Лодейное Поле, 2000.
7. Иванова М. Б., Телеш И. В. Оценка состояния экологического состояния Невской губы и водотоков Санкт-Петербурга по зоопланктону // Оценка состояния экологического состояния водоемов и водотоков бассейна р. Невы. СПб., 1996.
8. Кириллова В. А., Распопов И. М. Озера Ленинградской области. Л., 1971.
9. Константинов А. С. Общая гидробиология. М., 1967.
10. Крылов А. В. Гидробиология малых рек. Введение: Научно-популярное издание. Рыбинск, 2000.
11. Кудашкина Л. В., Кудашкин С. И. Рыбы Нижне-Свирского заповедника // Результаты многолетних наблюдений в природных комплексах Нижне-Свирского заповедника. СПб., 2006.
12. Кузнецова М. А. Изучение динамики кормовой базы скопы на территории Нижне-Свирского заповедника: Рукопись. Лодейное Поле, 2007.
13. Ласуков Р. Ю. Птицы: Карманный определитель. М., 2000.
14. Ляндзберг А. Р. Биологические методы определения качества воды. СПб., 2004.
15. Мальчевский А. С., Пукинский Ю. В. Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий. В 2-х т. Т. 1. Л., 1983.
16. Невская губа: Гидробиологические исследования / Под ред. Г. Г. Винберга, Б. Л. Гутельмахера. Л., 1987.
17. Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: Учебное пособие для вузов, а также учащихся средних школ и колледжей. М., 1999.
18. Одум Ю. Экология. В 2-х т. Т. 2. М., 1986.
19. Олигер Т. И., Попельнюх В. В., Столярская М. В. Нижне-Свирский заповедник: Популярный очерк. СПб., 2001.
20. Отчет по результатам учебно-исследовательской экспедиции школьников в Нижне-Свирский заповедник: Рукопись. Лодейное Поле, 1995.
21. Отчет по результатам учебно-исследовательской экспедиции школьников в Нижне-Свирский заповедник: Рукопись. Лодейное Поле, 2003.
22. Отчет по результатам учебно-исследовательской экспедиции школьников в Нижне-Свирский заповедник: Рукопись. Лодейное Поле, 2005.
23. Павловский Е. И., Лепнева С. Г. Очерки из жизни пресноводных животных: руководство к экскурсионному и лабораторному изучению животного мира пресных вод. М., 1948.
24. Пукинский Ю. Б. Птицы. Л., 1988. (Природа Ленинградской области.)
25. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология: Учебное пособие для студентов биол. специальностей пед. ин-тов. М., 1988.

# ГЛУБИНА ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВЫ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ: АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Л. С. Лебедева<sup>1</sup>, О. М. Семенова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Государственный гидрологический институт

## Введение

Целью данного исследования стал анализ факторов, определяющих глубину сезонного протаивания почвогрунтов в зоне многолетней мерзлоты, и оценка ее влияния на процесс формирования речного стока. Актуальность рассматриваемой темы обусловлена возрастающим интересом к арктическим территориям и процессам, протекающим в зоне многолетней мерзлоты. Это связано с глобальными климатическими и антропогенными изменениями, которые оказывают интенсивное воздействие на приполярные районы [11, 12].

Метод математическое моделирование процессов формирования стока лежит в основе данного исследования, а именно: была использована детерминированная физически обоснованная распределенная гидрологическая модель «Гидрограф» [4, 5]. Объектом изучения стали данные наблюдений за переменными состояниями малого водосбора ручья Контактного на Колымской водно-балансовой станции (КВБС).

Главные задачи исследования включали в себя систематизацию свойств почвенно-растительного покрова для различных ландшафтов в зоне многолетней мерзлоты, оценку и уточнение физических параметров модели «Гидрограф» на основе данных наблюдений, а также моделирование процессов формирования стока, в том числе протаивания и промерзания деятельного слоя. Принятый подход дает возможность систематизировать параметры, описывающие формирование стока в данных природных условиях, и использовать их для моделирования в сходных районах Северо-Востока России. Этому благоприятствует тот факт, что условия Колымской станции являются репрезентативными для обширной территории Северо-Восточной Сибири [3].

Опыт отечественных исследований в области моделирования стока в районах распространения многолетней мерзлоты [6, 8, 15] показал, что изменения температуры и фазовые переходы в почве оказывают первостепенное влияние на гидрологические процессы, определяя возможности инфильтрации воды в почву и формирование поверхностного, почвенного или подземного стока, поэтому названным процессам в данной работе было уделено основное внимание.

## Методы

### ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ФОРМИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Среди существующих методов расчета динамики тепловой энергии в почве [14] самым распространенным является использование системы одномерных уравнений теплопроводности в частных производных [2, 9]:

$$\rho C \frac{\delta T}{\delta z} = \frac{\delta}{\delta z} \left( \lambda \frac{\delta T}{\delta z} \right) \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>,  $C$  – удельная теплоемкость, Дж/кг·°С,  $T$  – температура, °С,  $z$  – глубина, м,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности почвы, Вт/м·°С.

Уравнения дополняются начальными, граничными условиями и условием фазовых переходов на границе слоев (условие Стефана):

$$\lambda_1 \frac{dT_1}{dz} \Big|_{z=z_{12}} - \lambda_2 \frac{dT_2}{dz} \Big|_{z=z_{12}} = l \rho u \frac{dz_{12}}{dt} \quad (2)$$

где  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – коэффициенты теплопроводности талого и мерзлого слоя, Вт/м·°С,  $T_1$  и  $T_2$  – температура талого и мерзлого слоя, °С,  $l$  – удельная теплота плавления (замерзания), Дж/кг,  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>,  $u$  – объемная влажность почвы, %,  $z_{12}$  – глубина раздела мерзлого и талого слоя, м. При нали-

чии фазовых переходов в почве количество слоев и, соответственно, количество уравнений в системе непостоянно. Решение данного уравнения находится с помощью выбранной численной схемы с шагом по времени, обычно достаточно малым по сравнению с интересующим нас интервалом.

Кроме того, существует большое количество способов расчета глубины сезонного протаивания мерзлых почв. К ним относится формула Стефана:

$$z = \sqrt{\frac{2\lambda_f(T_s - T_f)}{lu}} \quad (3)$$

где  $\lambda_f$  – коэффициент теплопроводности мерзлой почвы, Вт/м·°C,  $T_s$  – температура по поверхности,  $T_f$  – первоначальная температура в точке промерзания. Другой способ определения глубины деятельного слоя – модель Кудрявцева:

$$z = \frac{2(A_0 - t_z)\sqrt{\frac{\lambda T c}{\pi}} + \frac{(2A_\phi c z_{2c} + z\Theta_\phi)\Theta_\phi\sqrt{\frac{\lambda T}{\pi c}}}{2A_\phi c z_{2c} + \Theta_\phi z + \sqrt{\frac{\lambda T}{\pi c}}(2A_\phi c + \Theta_\phi)} \quad (4)$$

$$\text{где } z_{2c} = \frac{2(A_0 - t_z)\sqrt{\frac{\lambda T c}{\pi}}}{2A_\phi c + \Theta_\phi} \quad (5) \quad A_\phi = \frac{A_0 - t_z}{\ln \frac{A_0 + \frac{\Theta_\phi}{2c}}{t_z + \frac{\Theta_\phi}{2c}}} \quad (6)$$

где  $A_0$  – годовая амплитуда колебаний температур на поверхности почвы, °C;  $t_z$  – среднегодовая температура на подошве слоя сезонного промерзания (протаивания) пород, °C;  $T$  – период колебаний, год;  $c$  – объемная теплоемкость породы, ккал/м³·°C;  $A_\phi$  – средняя годовая амплитуда на подошве слоя сезонного промерзания (протаивания), °C;  $\Theta_\phi$  – удельная теплота плавления породы, Дж/кг.

В последнее время разрабатываются вероятностно-статистические [1] и эмпирико-статистические подходы, связывающие глубины оттаивания почвы со свойствами растительности, снежного покрова и рельефа статистически.

Отметим, что все методы, кроме решения системы уравнений теплопроводности, позволяют определить только глубину оттаивания или наличие многолетней мерзлоты в принципе. Они не подходят для решения задачи расчета динамики тепла в почве в целях моделирования гидрологических процессов, когда необходимо воспроизвести наличие или отсутствие талых и мерзлых слоев по всему почвенному разрезу на каждый расчетный интервал времени. Использование громоздких численных схем для решения уравнения теплопроводности является излишним усложнением модели при наличии упрощенных методов расчета, значительно не уступающих в точности [4].

#### МОДЕЛЬ «ГИДРОГРАФ»

В работе использовалась модель формирования стока «Гидрограф», разработанная Ю. Б. Виноградовым [4, 5, 16]. Она является единой комплексной универсальной системой с распределенными параметрами, объединяющей в себе все виды стока, применимой для моделирования процессов формирования стока в бассейнах любых масштабов, расположенных в любых природных зонах, и учитывающей региональные особенности протекания изучаемых процессов параметрически. Концепции, положенные в основу моделирующей системы, ее алгоритмы и особенности достаточно подробно изложены в [4, 5, 16].

Входом служит суточная метеорологическая информация – слой осадков, температура и дефицит влажности воздуха; результатом моделирования являются гидрографы стока воды в замыкающем створе, переменные состояния водосбора в расчетных точках, такие как температура и влажность почвы, высота, запас воды и плотность снежного покрова за каждые сутки, и элементы водного баланса бассейна за каждый расчетный год.

Математическое описание процессов формирования стока на водосборе включает в себя: формирование, таяние и водоотдачу снежного покрова, поверхностное задержание, динамику тепла и влаги, фазовые переходы в почве, поверхностное, почвенное и подземное стокообразование, испарение, склоновую и русловую трансформацию стока.

Для описания динамики тепла в почве в модели формирования стока «Гидрограф» используется система обыкновенных дифференциальных уравнений [4]:

$$\frac{dU_i}{dt} = \xi_{i-1,i} (\theta_{i-1} - \theta_i) - \xi_{i,i+1} (\theta_i - \theta_{i+1}) \quad (9)$$

где  $U_i$  – количество тепловой энергии, содержащейся в  $i$ -м слое почвы на единичной площади, Дж/м<sup>2</sup>;  $\xi_i$  – коэффициент теплообмена, Вт/м<sup>2</sup>·°С. В этом случае пространственный шаг является интервалом осреднения, и профиль температуры по глубине представляет собой ступенчатую гистограмму. Предполагается, что тепловые потоки из слоя в слой пропорциональны разности их температур, для верхнего слоя – разности с температурой воздуха. Коэффициент пропорциональности (теплообмена) между двумя слоями почвы связан с их коэффициентами теплопроводности  $\lambda$ , Вт/м·°С:

$$\xi_{i,i+1} = 2(\Delta z_i / \lambda_i + \Delta z_{i+1} / \lambda_{i+1}) \quad (10)$$

где  $\Delta z_i$  – толщина выделенного слоя почвы, м. Температура на нижней границе нижнего расчетного слоя  $\theta_{zp}$  определяется соотношением:

$$\theta_{zp} = k_l \theta_{const} + (1 - k_l) \theta_n \quad (11)$$

где  $\theta_{const}$  – известная температура на какой-то определенной постоянной глубине ниже нижнего расчетного слоя почвы, °С,  $k_l$  – весовой безразмерный коэффициент, зависящий от разницы глубин постоянной температуры и нижнего расчетного слоя. За  $\theta_{const}$  в зависимости от наличия информации обычно принимается средняя многолетняя температура на глубине 1,6 или 3,2 м, описываемая синусоидой:

$$\theta_{const} = \theta_{const} + A \cdot \sin(2\pi t/T + \alpha) \quad (12)$$

где  $\theta_{const}$  – среднее значение температуры за год;  $A$  – амплитуда колебаний  $\theta_{const}$  за год, °С,  $T$  – период (365 сут),  $t$  – номер дня в году,  $\alpha$  – номер дня (начальная фаза) при  $t_0$ .

Данные о температуре на глубинах 1,6 и 3,2 м относятся к стандартным метеорологическим измерениям, и эту информацию можно получить из климатических справочников или данных наблюдений. Результаты применения модели «Гидрограф» в различных физико-географических условиях показали, что данная аппроксимация может быть адекватно использована в безмерзлотных районах [13].

В зоне многолетней мерзлоты температура почвы на глубинах 1,6 и 3,2 м сильно варьируется год от года. В качестве граничного условия могла бы служить температура пород на так называемом уровне нулевых годовых амплитуд, т. е. на глубине, где не сказываются внутригодовые колебания температур, и ее можно принять условно постоянной. Однако данные о температуре почвы на больших глубинах крайне редки и отрывочны, для исследуемой территории они недоступны, поэтому в данной работе было принято допущение о межгодовом постоянстве хода температуры на глубине 3,2 м на территории Колымской станции.

При расчете динамики тепла в зимний период появляется дополнительный расчетный слой с переменными характеристиками – слой снега на поверхности земли. Одновременно с расчетом тепла происходит расчет динамики влаги в почве по слоям, результат которого (содержание воды и/или льда) учитывается в вычислении общей теплопроводности и теплоемкости слоев почвы. При наличии фазовых переходов в зависимости от содержания влаги отдельные слои потребляют или расходуют тепло, сохраняя при этом нулевую температуру.

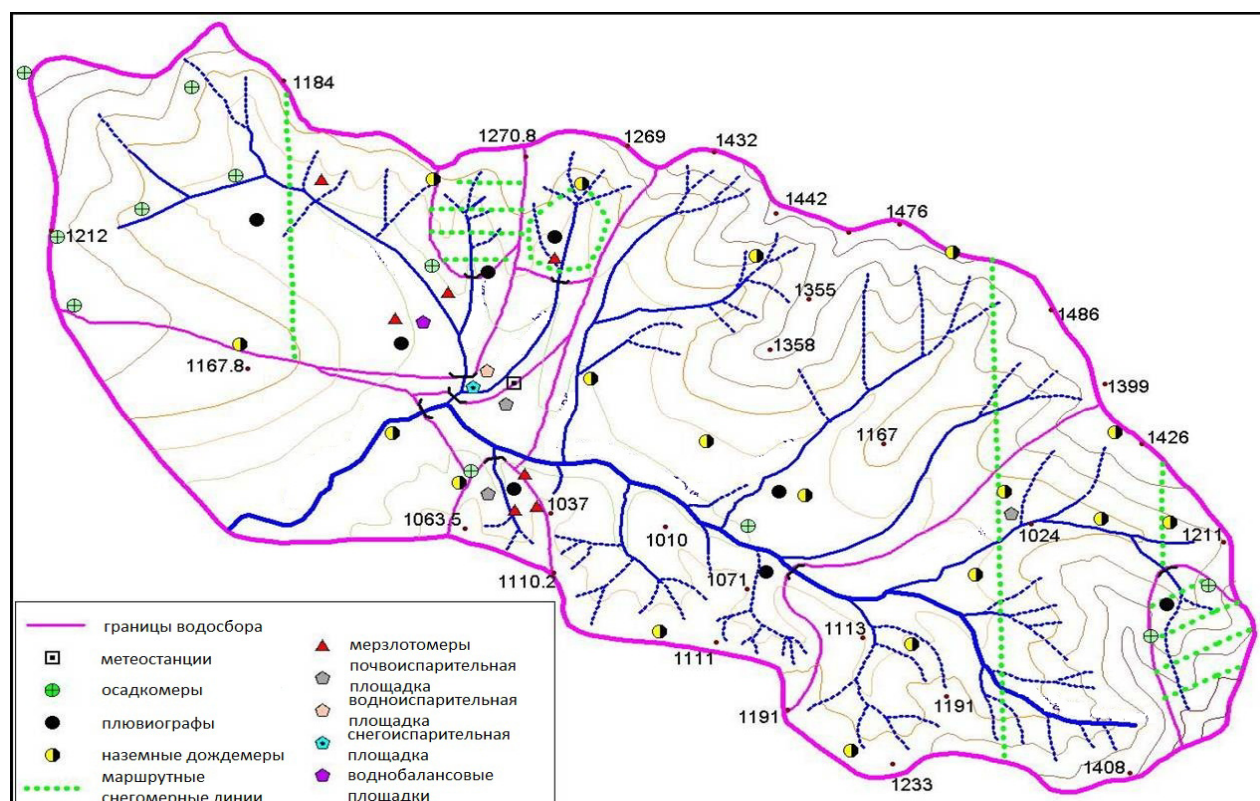
Для каждого расчетного слоя почвы задается набор параметров, необходимых для расчета динамики тепла в нем. Он включает в себя плотность и пористость почвы, коэффициент теплопроводности, удельную теплоемкость ее твердой фазы. Кроме того, по средним многолетним данным задается температура почвы на глубине 3,2 м.

## Материалы

Для оценки параметров физически обоснованной модели требуется информация о физических свойствах компонентов ландшафта, таких как почва и растительность. Для оценки работоспособности модели и адекватности ее алгоритмов описываемым процессам необходимы качественные входные и проверочные данные. Наличие такого рода информации ограничено в зоне многолетней мерзлоты. Колымская водно-балансовая станция является редким исключением. На ней в течение длительного (с 1948 г.) времени ведутся как стандартные гидрометеорологические измерения, так и экспериментальные, включающие в себя наблюдения за формированием



деятельного слоя, снегомерные съемки на разных ландшафтах, испарение с различных подстилающих поверхностей и др. (рис. 1) [10].



**Рис. 1. Схема Колымской водно-балансовой станции**

КВБС (61°53' с. ш., 147°43' в. д., Магаданская обл.) располагается в верховьях р. Колыма в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты. Рельеф местности горный, высоты от 830 до 1700 м. Среднегодовая температура воздуха  $-11,6^{\circ}\text{C}$ , годовые суммы осадков варьируют от 250 до 440 мм [17].

Поскольку рельеф исследуемого водосбора горный, характер распределения осадков сложен. Для учета неоднородного распределения осадков по территории станции были проанализированы имеющиеся данные по среднему многолетнему количеству осадков в разных частях водосбора и на основании этого построена карта изогипет в программе ArcGIS (рис. 2). Как видно, количество жидких осадков увеличивается с высотой, особенно на склонах южной экспозиции. Распределение твердых осадков подчиняется тем же закономерностям. Выявленные закономерности были учтены при обработке входной информации для моделирования.

На территории КВБС были выделены и нанесены на карту шесть типов ландшафтов: гольцы, тундры, редколесья, кустарники, леса и болота [7]. При этом учитывались такие факторы, как характер рельефа, экспозиция склонов, тип почвы, структура растительного покрова. На основании данной информации и описания, сопровождающего материалы наблюдений станции, были выделены три основных типа подстилающей поверхности Колымской станции (так называемые стокоформирующие комплексы, или СФК) – каменная осыпь, тундровое редколесье и заболоченный лес (рис. 3).

В ходе моделирования принимается допущение о том, что внутри каждого СФК гидрологические процессы проходят единообразно и описываются одним набором параметров почвы и растительности.

Приводораздельные территории и крутые склоны заняты в основном каменной осыпью, где почвенный покров практически отсутствует, а из растительности широко распространены лишь накипные лишайники. В средних частях склонов и в седловинах распространены мохово-лишайниковые лиственничные редколесья и заросли кедрового стланика на щебнистых, криоболотных почвах.

Долины и террасы заняты заболоченным лиственничным лесом и сфагновыми болотами на мерзлотно-таежных почвах. Схематические профили почвы каменной осыпи и заболоченного леса представлены на рис. 4.

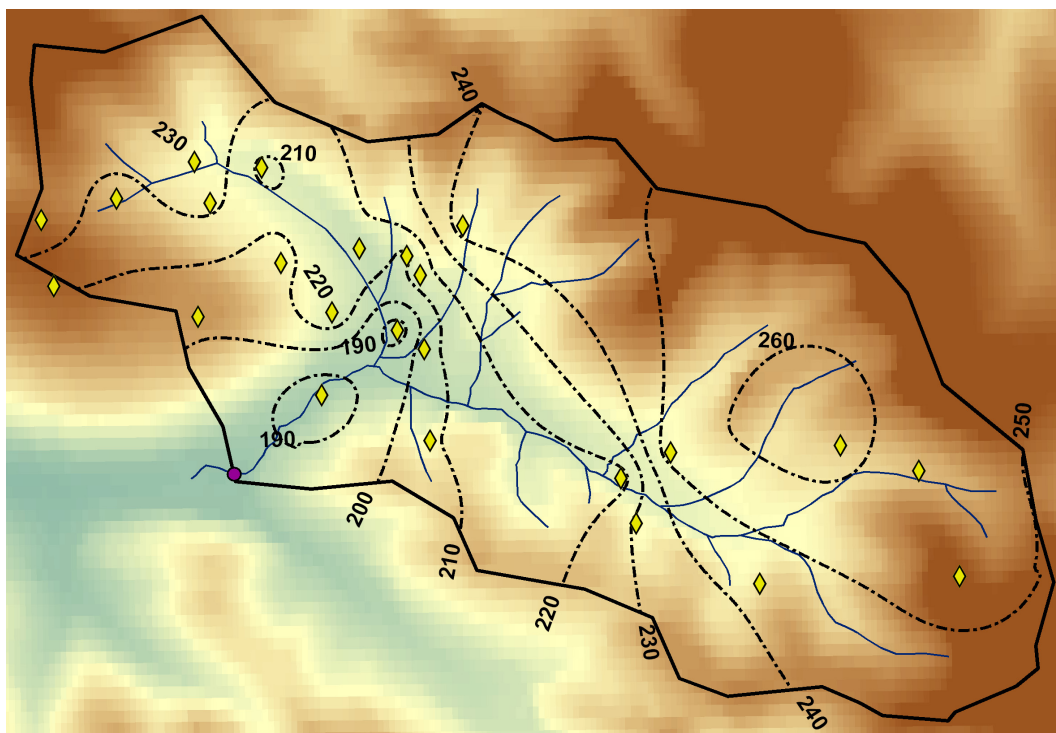


Рис. 2. Схема распределения жидких осадков по территории Колымской станции, мм

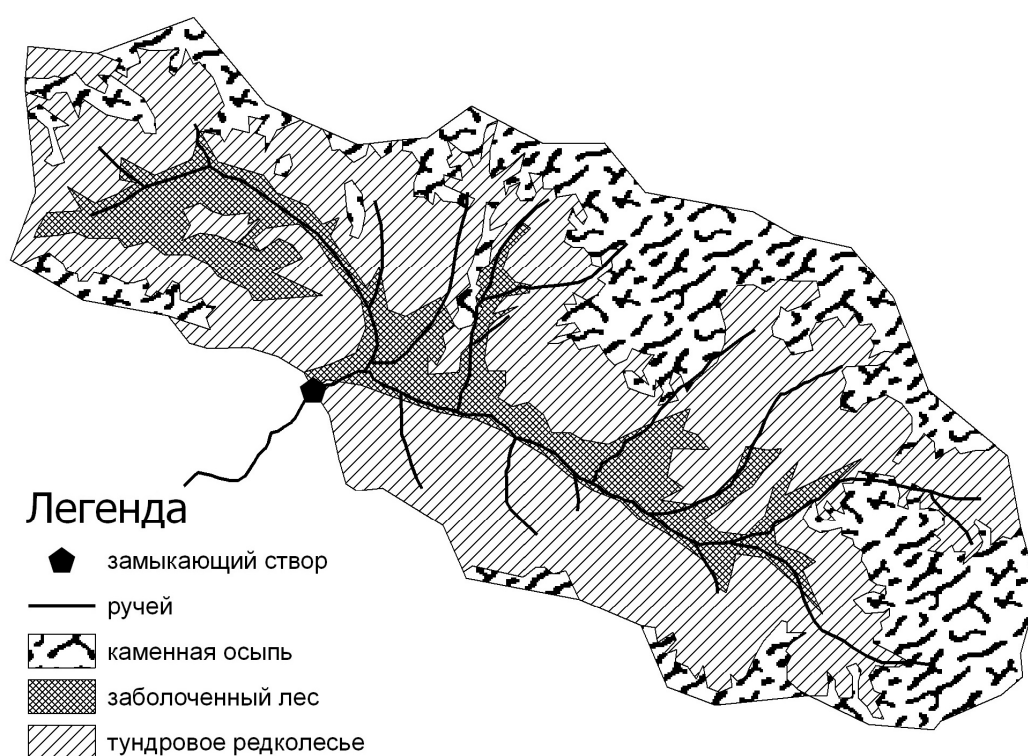
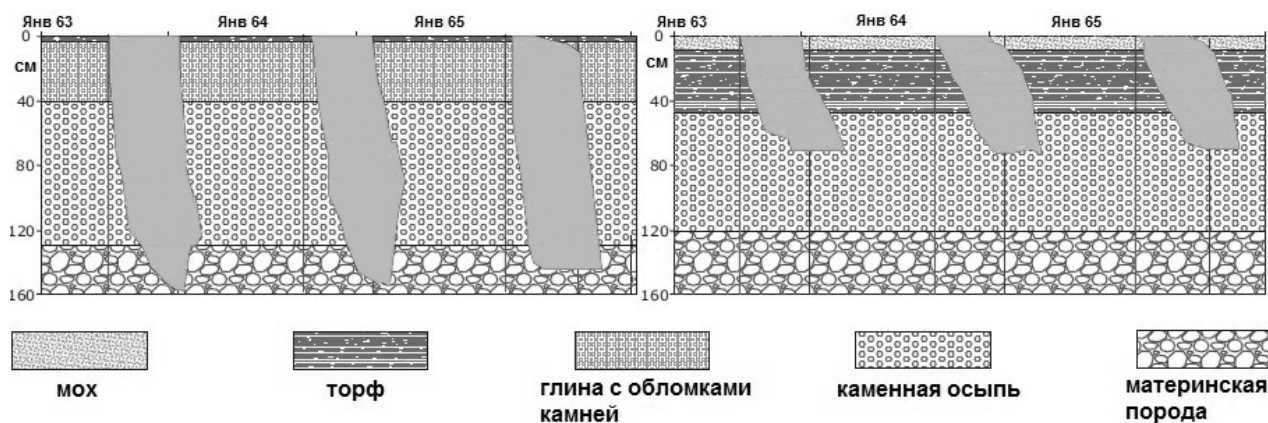


Рис. 3. Распределение стокоформирующих комплексов на территории Колымской водно-балансовой станции



**Рис. 4. Почвенный профиль и характерный контур протаивания почвы каменной осыпи (слева) и заболоченного леса (справа)**

## Результаты

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ПОЧВЫ

Анализ данных наблюдений за процессами протаивания почвы в разных частях водосбора показал, что глубина деятельного слоя обладает высокой пространственной изменчивостью по территории станции. Глубина протаивания почвы определяется в основном типом ландшафта. Максимальная глубина протаивания (до 1,6 м) наблюдается в каменной осыпи при отсутствии растительности, минимальная (0,6 м) – в заболоченном лесу при наличии слоя торфа в почвенном профиле (рис. 4). На рис. 5 представлено сравнение наблюдаемых величин и результатов моделирования протаивания почвы в покрытой мхом каменной осыпи и в заболоченном лиственныйном лесу.

Параметры модели, описывающие почвенный покров, были назначены по литературным данным и исходя из общего описания почвенных профилей, доступных в материалах наблюдений [10]. В ходе моделирования значения параметров подверглись незначительному уточнению. Экспериментальные расчеты протаивания и промерзания почвы показали, что основную роль играют такие параметры, как пористость, теплопроводность и теплоемкость почвенного слоя, а также максимальная водоудерживающая способность, от которой зависит содержание влаги в слое. Максимальная водоудерживающая способность (МВС) меняется в широком диапазоне от 13% в каменной осыпи до 50% в почве заболоченного леса. Теплопроводность принята равной 2,3 и 0,8 Вт/м·°С, теплоемкость – 750 и 1930 Дж/кг·°С соответственно в осыпи и в лесу (табл.).

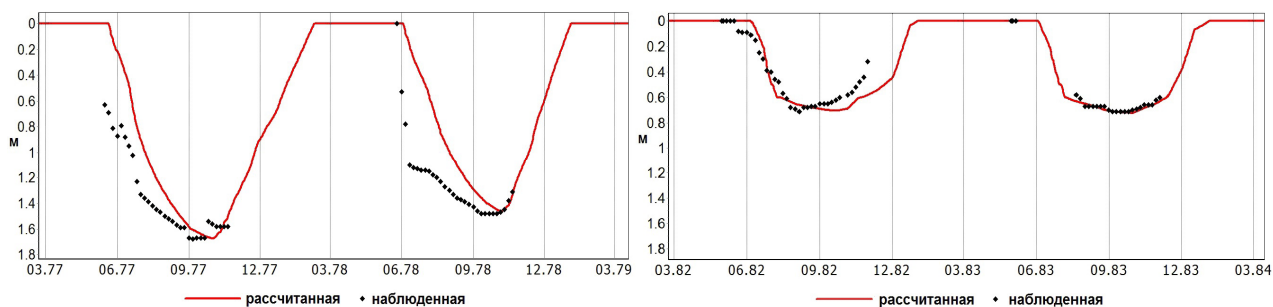
#### Значения параметров почвы, использовавшиеся при расчете процессов протаивания – промерзания многолетнемерзлых грунтов

	Пористость, б/р	Удельная теплоемкость, Дж/кг·°С	Удельная теплопроводность, Вт/м·°С	Максимальная водоудерживающая способность, б/р
Мох	0,80	1930	0,5	0,60
Торф	0,80	1930	0,8	0,50
Глина с обломками камней	0,50	750	1,7	0,15
Каменная осыпь	0,55	750	2,3	0,13
Материнская порода	0,50	750	2,3	0,13

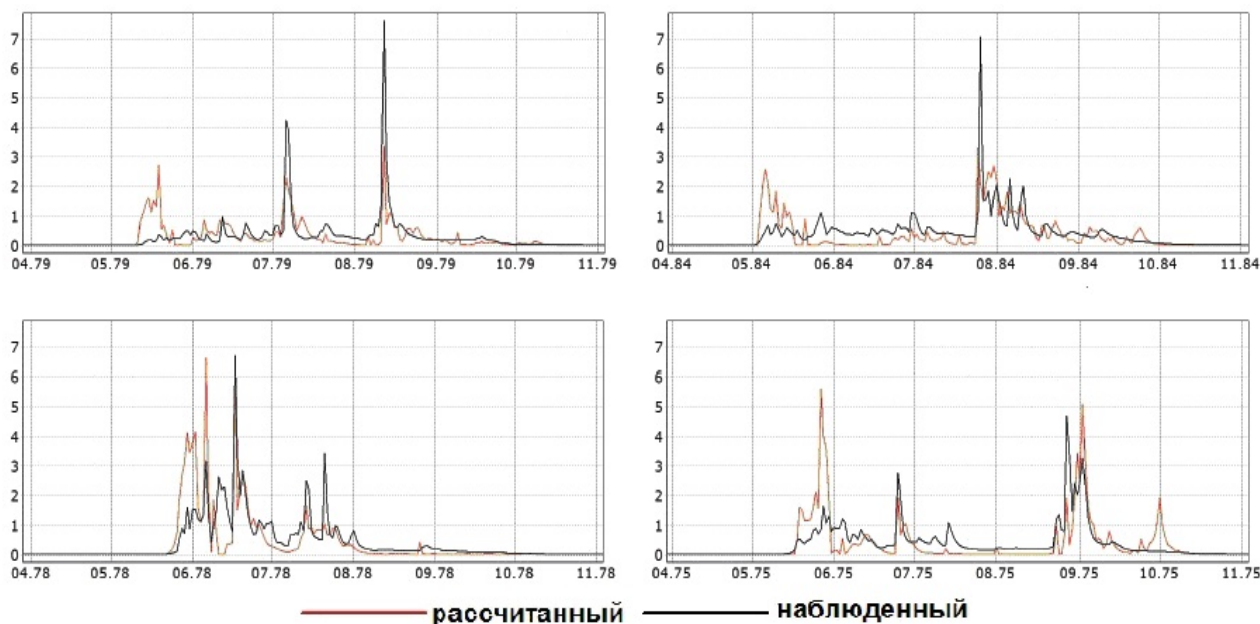
Как можно видеть на рис. 5, рассчитанная максимальная глубина протаивания за сезон близка к наблюдаемой для обоих ландшафтов, однако каменная осыпь протаивает значительно быстрее, чем это моделируется. Это может объясняться меньшим по сравнению с рассчитанным содержанием влаги в почве и неточной информацией о почвенном профиле.

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОКА ВОДЫ

Расчет гидрографов стока в замыкающем створе ручья Контактного за период 1971–1984 гг. (площадь 22 км<sup>2</sup>) был произведен с набором параметров, принятым при моделировании глубин протаивания почвы. Сравнение рассчитанных и наблюдаемых суточных величин представлено на рис. 6.



**Рис. 5. Рассчитанная и наблюдаемая глубины протаивания почвы в каменной осыпи (слева) и заболоченном лесу (справа). Колымская водно-балансовая станция**



**Рис. 6. Рассчитанный и наблюдаемый гидрограф стока ручья Контактного, Колымская водно-балансовая станция, м<sup>3</sup>/с**

Наблюдаемый средний годовой слой стока за период моделирования составил 282 мм, рассчитанный – 239 мм. Средняя ошибка равна 15%. Максимальные отклонения рассчитанного слоя стока за год от измеренного, достигающие 50% (1971 и 1983 гг.), наблюдаются в наиболее сухие годы, поскольку неопределенности в расчете динамики влаги в почве и испарения имеют больший относительный вес именно в засушливые годы. Минимальные отклонения величиной от 6 до 16% (1972, 1975, 1978, 1979, 1981, 1984 гг.) имеют место в средневодные и многоводные годы. В целом модель несколько занижает сток по сравнению с наблюдаемым. Сток выше измеренного рассчитывается только в 1971 и 1977 гг.

Как видно из рис. 6, внутри года максимальные расхождения между рассчитанными и наблюдаемыми значениями наблюдаются в период весеннего снеготаяния. Согласно результатам моделирования, весной водность реки резко увеличивается за счет поверхностного и почвенного стока сразу после таяния основной массы снега, так как впитывание воды в еще мерзлую почву ограничено. В реальности подъем половодья наблюдается гораздо более расплывчатый и растянутый. Такое расхождение может быть объяснено несколькими причинами. Во-первых, талая вода может впитываться в почву в гораздо более значительных количествах, чем согласно расчету. К сожалению, на станции не велись наблюдения за влажностью почвы, поэтому проверить адекватность моделирования влажности почвы не представилось возможным. Кроме того, территория станции практически повсеместно покрыта мхом, который может впитывать значительное количество воды. Такие свойства растительности напрямую не учитываются в модели.



## Заключение

На основе анализа результатов исследования были сделаны основные выводы:

1. Выделенные однородные с точки зрения гидрологических процессов стокоформирующие комплексы последовательно сменяют друг друга от водоразделов к руслу от каменной осыпи, практически лишенной растительного покрова, до заболоченного лиственничного леса.

2. Глубина оттаивания почвы на территории Колымской станции, обладая большой изменчивостью по территории, зависит в основном от типа почвы и растительности. Основные параметры модели, влияющие на расчет протаивания почвы, – это пористость, удельные теплопроводность и теплоемкость и максимальная водоудерживающая способность слоев почвы.

3. Модель формирования стока «Гидрограф» удовлетворительно рассчитывает переменные состояния и сток воды на территории Колымской станции.

4. Необходимо дальнейшее совершенствование алгоритмов расчета фильтрации влаги в мерзлую почву, а также введение в модель прямого учета гидрологически важных свойств напочвенного растительного покрова (мох, опад), таких как его водоудерживающие, испаряющие и теплофизические свойства.

Наблюдения за переменными состояниями на водосборе необходимы для понимания формирования стока в конкретных гидрометеорологических и географических условиях. Только те модели, которые реалистично отображают динамику снежного покрова, влажность и температуру почвы, глубины протаивания и промерзания, могут быть названы действительно физически обоснованными. Параметры физически обоснованной модели, уточненные на длительных рядах данных экспериментальных наблюдений, должны быть в будущем систематизированы и перенесены на другие водосборы в сходных природных условиях.

Работа была выполнена при поддержке Российско-Германской Лаборатории полярных и морских исследований им. Отто Шмидта в рамках гранта OSL-10-23.

## Литература

1. Анисимов О. А. Вероятностно-статистическое моделирование мощности сезонно-талого слоя в условиях современного и будущего климата // Криосфера Земли. 2009. Т. 13, вып. 3. С. 36–44.
2. Аржанов М. М., Елисеев А. В., Демченко П. Ф., Мохов И. И. Моделирование изменений температурного и гидрологического режимов приповерхностной мерзлоты с использованием климатических данных (неанализа) // Криосфера Земли. 2007. Т. 11, вып. 4. С. 65–69.
3. Бояринцев Е. Л. Азональные факторы формирования дождевого стока на территории Колымской ВБС // Труды ДВНИГМИ. 1986. Вып. 135. С. 67–94.
4. Виноградов Ю. Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Опыт критического анализа. Л., 1988.
5. Виноградов Ю. Б., Виноградова Т. А. Математическое моделирование в гидрологии. М., 2010.
6. Гусев Е. М., Насонова О. Н., Джоган Л. Я. Моделирование стока на малых водосборах в зоне многолетней мерзлоты на основе модели SWAP // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 2. С. 133–145.
7. Королев Ю. Б. Гидрологическая роль растительности Верхней Колымы // Известия АН СССР. Серия Биологическая. 1982. № 4. С. 517–529.
8. Кучмент Л. С., Гельфан А. Н., Демидов А. И. Модель формирования стока на водосборах зоны многолетней мерзлоты (на примере верхней Колымы) // Водные ресурсы. 2000. Т. 27, № 4. С. 435–444.
9. Малевский-Малевич С. П., Молькентин Е. К., Надежина Е. Д. и др. Моделирование и анализ возможностей экспериментальной проверки эволюции термического состояния многолетнемерзлых грунтов // Криосфера Земли. 2007. Т. 9, вып. 1. С. 29–37.
10. Материалы наблюдений Колымской воднобалансовой станции. Вып. 17–27. Магадан, 1975–1985.
11. Georgiyevsky V. Yu., Shiklomanov I. A. Climate change and water resources // World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. Cambridge Univ. Press, 2003. P. 390–413.
12. Miller J. R., Russell G. L. The impact of global warming on river runoff // J. Geophys. Res. 1992. 97(D3). P. 2757–2764.
13. Lebedeva L. S., Semenova O. M. Evaluation of climate change impact on soil and snow processes in small watersheds of European part of Russia using various scenarios of climate. Technical Documents in Hydrology (in review).
14. Riseborough D., Shiklomanov N., Etzelmuller B. et al. Recent Advances in Permafrost Modelling // Permafrost and Periglacial processes. 2008. N 1. P. 137–156. DOI: 10.1002/ppp.615.



15. Semenova O. M. Experience with modelling of runoff formation processes at basins of different scales using data of water-balance stations // Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins (Proc. of the Workshop held at Goslar-Hahnenklee, Germany, 30 March – 2 April, 2009). IAHS publ. 336. 2010. P. 167–172.

16. Vinogradov Y. B., Semenova O. M., Vinogradova T. A. An approach to the scaling problem in hydrological modelling: the deterministic modelling hydrological system // Hydrological Processes. 2010, n/a. doi: 10.1002/hyp.7901.

17. Zhuravin S. A. Features of water balance for small mountainous watersheds in East Siberia: Kolyma Water Balance Station case study // Northern Research Basins Water Balance. IAHS publ. N 290. 2004. P. 28–40.

## **РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ПРОТАИВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ о. САМОЙЛОВСКОГО (ДЕЛЬТА РЕКИ ЛЕНА)**

**Н. Н. Огородникова<sup>1</sup>, И. В. Федорова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*

В последнее время возрос интерес к процессам, связанным с глобальным изменением климата, что, в свою очередь, делает актуальным изучение гидрологических процессов на территориях распространения многолетнемерзлых пород. Климатические изменения в зоне вечной мерзлоты прежде всего сказываются на изменении глубины протаивания/промерзания.

Интерес к районам, расположенным в зоне распространения многолетней мерзлоты, также связан с хозяйственным освоением данных территорий. Стоит упомянуть, что площадь распространения многолетнемерзлых толщ горных пород в настоящее время составляет 25% всей суши земного шара и более 60% площади России. Однако вследствие малой плотности населения эти районы слабо охвачены гидрометеорологическими наблюдениями.

В данное время на территории России изучение мерзлых пород ведется на 4 опытных станциях: Якутской научно-исследовательской мерзлотной станции Института мерзлотоведения им. В. А. Обручева АН СССР, Северо-Восточной научно-исследовательской мерзлотной станции в г. Магадане, Игарской научно-исследовательской мерзлотной станции и опытной станции «Остров Самойловский» Института Арктики и Антарктики (Санкт-Петербург).

Для изучения глубины протаивания был выбран о. Самойловский (дельта р. Лена). Экспедиционные данные за период с 2003 по 2007 г. были предоставлены участниками Российско-Германского проекта «Лена», проводимого Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом и Германским институтом полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера.

Остров Самойловский (72°22' N, 126°28' E) расположен внутри огромной дельты р. Лена (рис. 1). Он является репрезентативным островом в активной и наиболее молодой части дельты и занимает площадь около 1200 га. Западное побережье острова характеризуется новыми аккумуляционными процессами, связанными с речной седиментацией. На восточной же береговой части острова доминирующими являются эрозионные процессы, которые формируют абразионное побережье. Около 70% поверхности этой части острова занимают отложения голоцена.

Климат южной части дельты Лены вместе с о. Самойловским характеризуется низкой среднегодовой температурой воздуха (–14,7 °C) и низким годовым количеством осадков (190 мм). Зимний сезон длится 9 месяцев, с конца сентября до конца марта ( $T_{\text{ср}} = -30$  °C,  $T_{\text{мин}} = -48$  °C). Зимний период характеризуется недостаточно высоким снежным покровом и сильными метелями.

Энергия для весенней снежной абляции обеспечивается суммарной радиацией. Более 50% доступной энергии теряется на сублимацию в результате действия сильного ветра.

Летний период длится 12 недель и отличается относительно высокими температурами ( $T_{\text{ср}} = 7$  °C,  $T_{\text{макс}} = 18$  °C) и постоянным освещением (так называемый полярный день).

Почвы характеризуются однородностью распространения. Для торфяных почв понижений типично положение грунтовых вод на уровне почвенной поверхности и преимущественно анаэробное аккумулятивное органического вещества. Исследование сухих почв показало низкое положение грунтовых вод, ниже которых происходит накопление органического вещества. Глубина протаива-

ния почв варьирует между 30–45 см [5]. На острове насчитывается несколько озер и много полигональных болот, которые занимают большие площади во всей юго-западной части дельты.

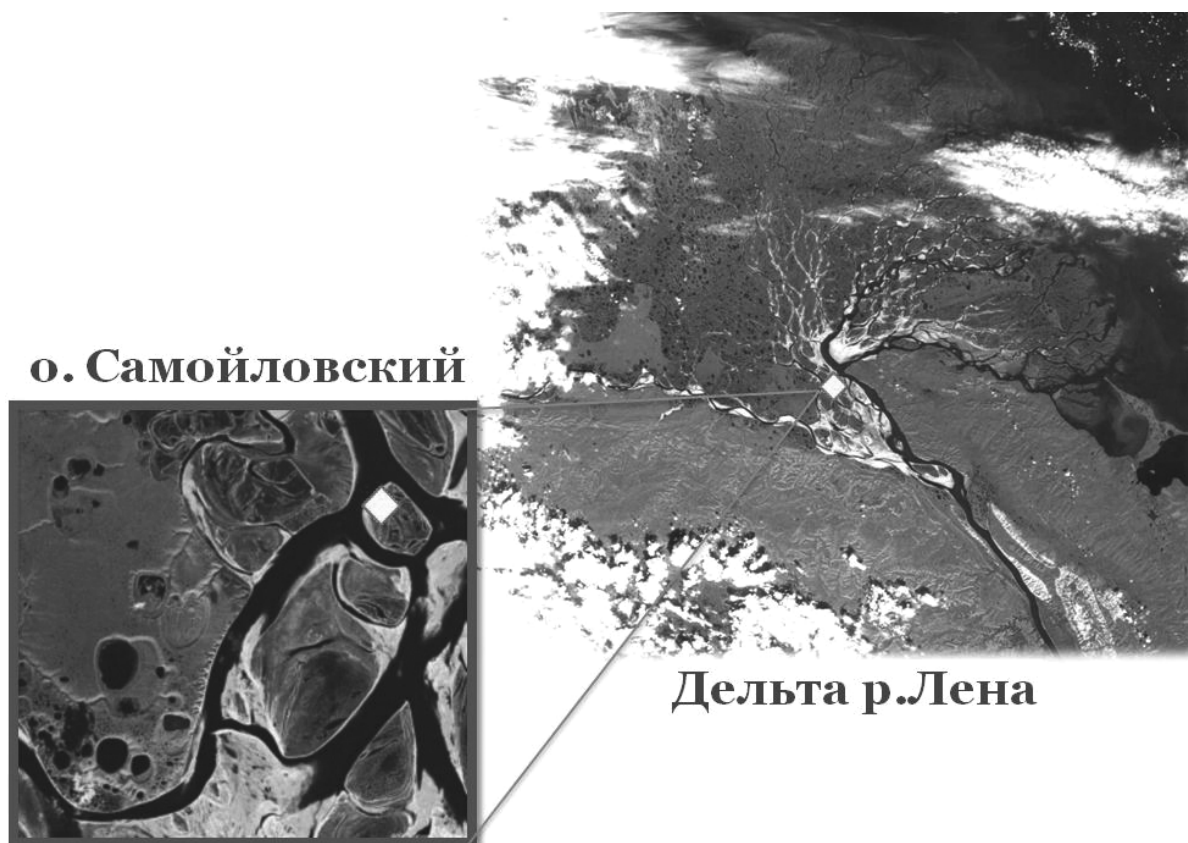


Рис. 1. О. Самойловский

Вследствие того что работа в зоне многолетней мерзлоты осложнена климатическими условиями и рядом других факторов, ощущается нехватка данных, что также осложняет изучение северных территорий.

В основном расчет глубин промерзания или протаивания производится по формуле Стефана, которая рассмотрена Ламе и Клапейроном с предположением, что температура талой зоны равна температуре фазовых переходов [1]:

$$h = \sqrt{\frac{2\lambda T_s \tau}{\rho \omega L_{ice}}}$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К;  $T_s$  – температура поверхности почвы, °К;  $\tau$  – продолжительность теплого периода, с;  $L_{ice}$  – удельная теплота таяния льда, Дж/кг;  $\omega$  – влажность породы, кг/кг;  $\rho$  – плотность породы, кг/м<sup>3</sup>.

Помимо формулы Стефана, расчет толщины активного слоя производился по формулам Кудрявцева и Лейбензона. Выбор обусловлен тем, что при расчетах учитываются не только теплофизические свойства почв, но и теплооборот между атмосферой и почвой.

Вследствие того что в формуле Стефана пренебрегают теплоемкостью породы и не рассматривают теплоток, идущий снизу, была взята формула Лейбензона, в которой данные характеристики учитываются:

$$s = \sqrt{\frac{2\lambda_m |t_0| \tau}{Q_\Phi} + \frac{t_0^2 \lambda_T C_T \tau}{\pi Q_\Phi^2}} - \frac{|t_1|}{Q_\Phi} \sqrt{\frac{\lambda_T C_T \tau}{\pi}}$$

где  $t_1$  – температура породы по разрезу, °К;  $t_0$  – температура на поверхности почвы, °К;  $\tau$  – время, с;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К;  $C_T$  – коэффициент теплоемкости породы в талом со-

стоянии, Дж/м<sup>3</sup>·°K; Q<sub>ф</sub> – удельная теплота фазовых переходов, Дж/кг, которую можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\phi} = 334 W_{\text{в}} \gamma_{\text{ск}},$$

где 334 – это теплота фазового перехода воды в лед и наоборот, кДж/кг; W<sub>в</sub> – весовая влажность породы (льдиистость), %; γ<sub>ск</sub> – объемная масса скелета породы.

Значения, полученные с использованием формулы Лейбензона, будут меньше результатов, полученных при помощи формулы Стефана, что является вполне закономерным, так как формула Лейбензона учитывает распределение температур в талой зоне перед началом ее промерзания или протаивания. Данное распределение температур замедляет движение фронта промерзания (протаивания), поскольку часть тепловой энергии идет на понижение (в случае промерзания пород) или повышение (в случае протаивания пород) температуры до температуры начала фазовых переходов.

Формула Кудрявцева была выведена автором при периодических колебаниях температуры на поверхности пород.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\lambda \tau}{\pi C} \ln \frac{A_0}{|t_{\text{ср}}|}},$$

где A<sub>0</sub> – годовая амплитуда температур на поверхности породы, °K; t<sub>ср</sub> – среднегодовая температура на подошве слоя сезонного промерзания/протаивания, °K.

Преимущество этой формулы заключается в том, что здесь не учитывается теплота фазовых переходов Q<sub>ф</sub>, которая в предыдущих случаях является достаточно большой величиной. Величина ε в данном случае представляет собой глубину проникновения нулевой изотермы.

Для анализа температуры воздуха и почвы на о. Самойловском был выбран теплый период 2005 г., в связи с тем что именно за этот промежуток времени имеется наибольшее количество данных. Результаты показали, что температура воздуха на высотах 0,5 м и 2 м от поверхности земли и температура на поверхности почвы имеют сходный характер, в то время как температура почвы на глубине 2,71 м изменяется плавно и увеличивается до 8 °C с июля по сентябрь из-за проникновения тепла в почву (рис. 2). Наиболее холодным был 2004 г., а самым теплым – 2003 г., наибольшая измеренная глубина протаивания достигла 0,17 м в июне 2004 г. и 0,46 м в сентябре 2006 г. (рис. 3). Рассчитанная по формуле Стефана глубина протаивания многолетнемерзлых пород о. Самойловского за период 2003–2007 гг. достигает максимального значения в июле 2003 г. и составляет 0,37 м, а в 2004 г. – 0,17 м.

Сравнение рассчитанных и измеренных данных (табл.) показало достаточно хорошую сходимость, но возможны некоторые неточности, связанные с проблемой осреднения и недостаточности данных измерений (рис. 4). Таким образом, формула Стефана может использоваться для расчета мощности активного (сезонного) слоя, но при необходимости получения средних за месяц и сезон данных. Для более точных, суточных и декадных, расчетов необходима разработка новых методов расчета, позволяющих использование данных современных автоматических измерений.

Другой проблемой, мешающей проведению точных модельных расчетов глубины протаивания/промерзания, является недостаточность экспериментальных станций, на которых производились бы измерения всех необходимых параметров и характеристик.

**Сравнение величины глубины протаивания,  
рассчитанной по разным формулам,  
и экспедиционных данных за теплый период 2004 г.**

Дата	Глубина протаивания, м			Экспедиционные данные, м
	по Стефану	по Лейбензону	по Кудрявцеву	
Июнь	0,10	0,13	0,17	0,13
Июль	0,31	0,14	0,17	0,26
Август	0,28	0,14	0,17	0,28
Сентябрь	0,12	0,13	0,17	0,13

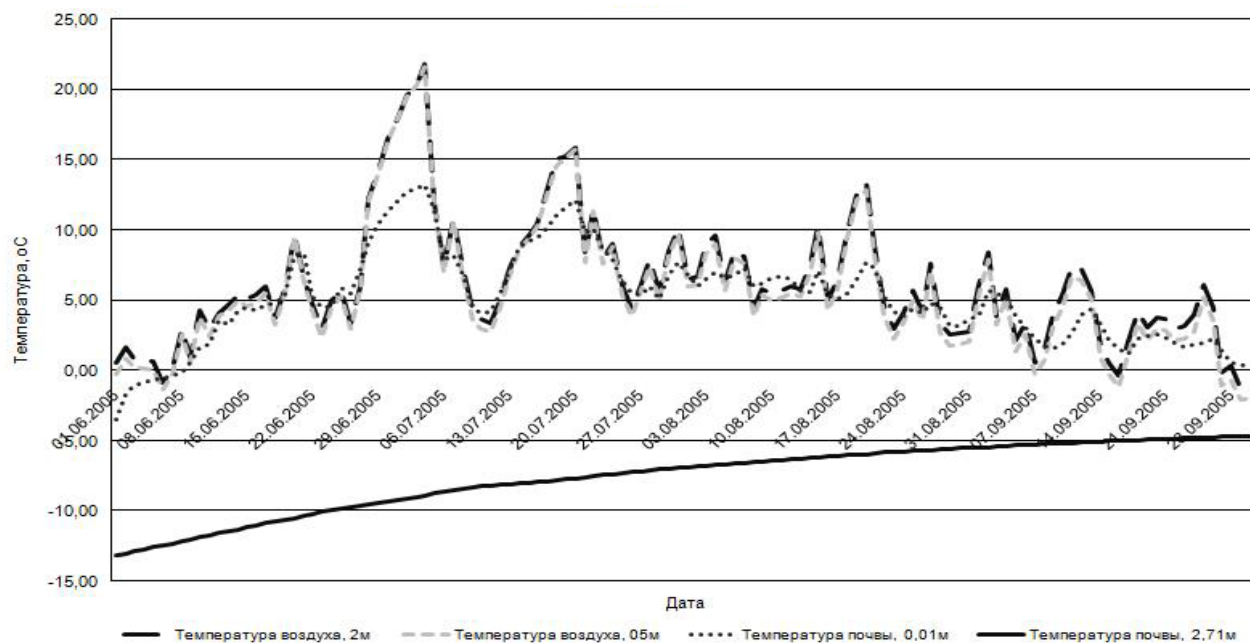


Рис. 2. Изменение температуры воздуха и почвы на разных горизонтах в 2005 г.

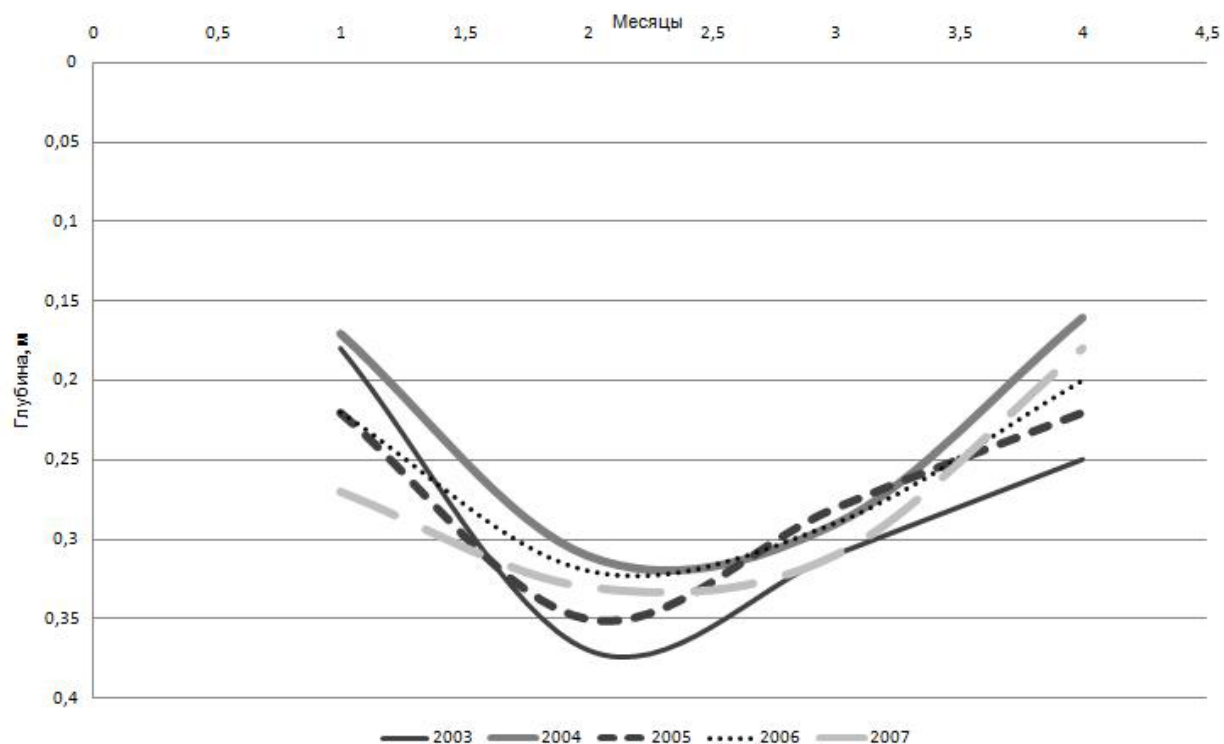
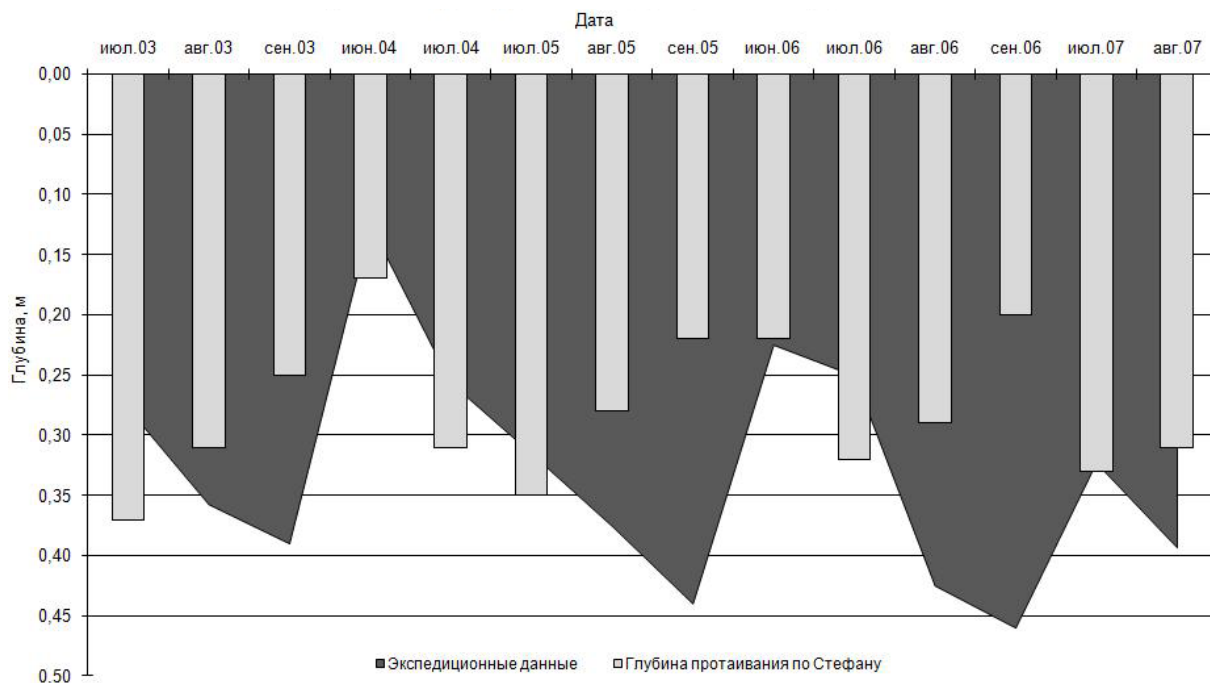


Рис. 3. Рассчитанная по формуле Стефана глубина протаивания (июнь – сентябрь 2003–2007 гг.)



**Рис. 4. Сопоставление рассчитанных значений глубины протаивания (по Стефану) и экспедиционных данных**

В дальнейшем на основе данных станции о. Самойловского планируется разработка метода расчета мощности протаивания/промерзания с учетом современных данных и недостатков используемых моделей.

### Литература

1. Аржанов М. М., Елисеев А. В., Демченко П. Ф., Мохов И. И. Моделирование изменений температурного и гидрологического режимов приповерхностной мерзлоты с использованием климатических данных (реанализа) // Криосфера Земли. 2008. Т. XI, № 4. С. 65–69.
2. Дугарцыренов А. В., Бельченко Е. Л. О динамике промерзания (оттаивания) массивов горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) № 3. М., 2009. С. 48–52.
3. Ершов Э. Д. Общая геоэкология. М., 1990. 559 с.
4. Федорова И. В., Большаков Д. Ю., Макаров А. С. и др. Современное гидрологическое состояние дельты р. Лены // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития / Под ред. Х. Кассенс, А. П. Лисицына, Й. Тиде и др. М., 2009.
5. Hubberten H.-W., Wagner D., Pfeiffer E.-M. et al. The Russian-German Research Station Samoylov, Lena Delta // A Key Site for Polar Research in the Siberian Arctic. Polarforschung. 2003. 73 (2/3). P. 111–113.

## ПРОЦЕССЫ ЗАХВАТА КРУПНЫХ ДОННЫХ ЧАСТИЦ ВИХРЯМИ В ПОТОКАХ ПРОРЫВА ПЛОТИНЫ

**В. Н. Семенюк**

*Московский государственный университет*

Экспериментально исследован придонный слой волны прорыва. Показано, что толщина вязкого слоя превышает диаметр донной частицы ( $d_p < 1,2$  см). Мелкие частицы,  $d_p < 0,045$  см, захватываются вихрями-спутниками, возникающими под основными вихрями, периодически формирующимися в вязком слое. Два вихря-спутника сближаются и сливаются в один вихрь, способный вместить большую частицу, если скорость потока выше критического значения  $U_{dip}$ . Захват частицы происходит при большем значении  $U_{cr} > U_{dip}$ , которое обеспечивает вращение частицы без проскальзывания.



## Введение

При прорыве искусственной или естественной плотины возникает поток, бегущий по сухому руслу. Крутой передний фронт часто называют «стеной воды». В ряде натурных наблюдений [5, 6] установлено, что основная часть крупного грунта переносится в голове волны [7], впервые экспериментально исследованной в [8]. Авторы заключили, что головная волна обрушается, образуются струи. В [2] установлено, что на переднем фронте волны образуются сложные вихревые структуры. В [3] показано, что крупные тяжелые частицы могут переноситься вихрями близкого размера, если плотность частиц выше плотности воды примерно в два раза. Для создания метода прогноза деформации и переноса грунта необходимо знать, при каких условиях формируются вихри, способные захватить крупные частицы. Эта проблема актуальна и при прогнозе смыва грунта ливневыми и паводковыми стоками. Решению этой задачи посвящена настоящая работа.

## Аппаратура и методика измерений

Эксперименты проводились в прямом горизонтальном канале длиной 3,5 м, шириной 20 см с прозрачными стенками. Резервуар высотой 27 см, закрытый заслонкой, заполнялся водой. После открытия заслонки на высоту 7 см (время подъема около 0,04 с) возникал поток (скорость до 2 м/с), который снимался на видеокамеру. Поток снимался неподвижной камерой и камерой, которая перемещалась вдоль канала по гладкому пластиковому рельсу со скоростью головной волны. Для определения скорости потока использовались частицы нейтральной плавучести из полистирола. Скорость определялась по длине трека на кадре, доверительный интервал  $0,1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$  для вероятности 0,67. На дно канала укладывался слой калиброванных частиц плотности  $2,1 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$  с средним диаметром 0,023, 0,12, 0,4, 0,8 и 1,2 см, толщина слоя – 4 см. Часть экспериментов выполнялась на гладком дне из органического стекла.

## Характеристики вязкого слоя и вихрей

При прорыве плотины на переднем фронте потока образуются большие вихри с диаметром, близким глубине потока. В области торможения потока под большими вихрями в вязком придонном слое толщиной  $\delta$ , в котором скорость течения  $u = u_0 + \chi y$  является линейной функцией вертикальной координаты  $y$  ( $\chi = \text{const}$ ,  $u_0$  – придонная скорость), формируются цилиндрические вихри диаметром  $d \approx 2\delta/3$  [1]. Между основными вихрями и дном возникают два вихря-спутника меньшего диаметра  $d_{sp}$ , вращающиеся в направлении, противоположном основному вихрю. Спутники сливаются, если оказываются достаточно близко друг к другу при условии [1]:

$$\frac{d}{d_{sp}} < 3 \quad (1)$$

Вихри сливаются у дна канала и могут захватить более крупные частицы. Прогноз захвата частиц вихрями требует определения условий формирования разного типа вихрей в зависимости от параметров течения и размера частиц грунта. В ряде экспериментов были исследованы характеристики вязкого слоя и вихрей, образующихся в нем, как функции скорости потока и размера частиц. Получена зависимость толщины вязкого слоя  $\delta$  от максимальной скорости потока на поверхности воды  $u$  для частиц диаметром  $d_p \approx 0,023, 0,12, 0,4, 0,8$  и  $1,2$  см (рис. 1). Толщина вязкого слоя уменьшается с ростом скорости течения, достигая минимального значения  $\delta_{min}$  при скорости  $U_{cr}$ . При  $U > U_{cr}$  толщина слоя и диаметр вихрей, образующихся в нем, остаются постоянными. Минимальная толщина вязкого слоя превышает диаметр частиц в исследованном диапазоне изменения  $d_p$  (табл.).

**Параметры вихрей и поля скорости как функции диаметра донной частицы**

$d_p$ , см	$\delta_{min}$ , см	$d/d_{sp}$ ( $\delta = \delta_{min}$ )	$d_{sp}/d_p$ ( $\delta = \delta_{min}$ )	$U_{dip}$ , см·с <sup>-1</sup>	$U_{crs}$ , см·с <sup>-1</sup>
0	0,14	2,6	5,0	23,1	23,1
0,023	0,14	2,4	1,8	27,5	28
0,120	0,21	2,1	0,6	38,0	40
0,40	0,60	2,0	0,5	60,0	64
0,80	1,20	2,0	0,5	76,5	85
1,20	1,80	2,0	0,5	85,0	100

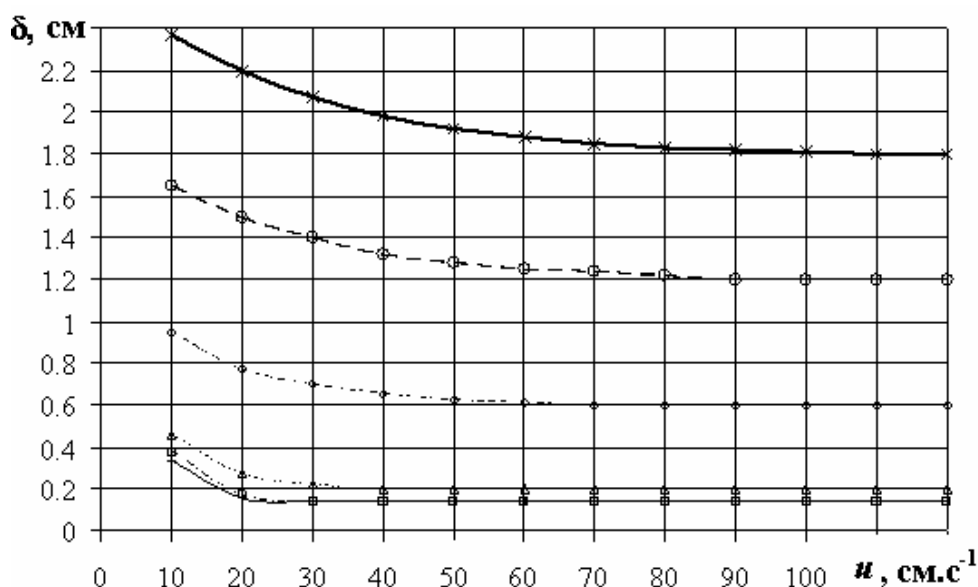


Рис. 1. Зависимость толщины вязкого слоя  $\delta$  от максимальной скорости потока  $u$  для гладкого дна (тонкая сплошная линия тренда), для частиц диаметром 0,023 см (штрихпунктирная линия тренда), 0,12 см (пунктирная линия тренда), 0,4 см (тонкая штриховая линия тренда), 0,8 см (жирная штриховая линия тренда) и 1,2 см (жирная сплошная линия тренда)

Когда толщина вязкого слоя минимальна ( $\delta = \delta_{min}$ ), отношение  $d/d_{sp}$  удовлетворяет условию слияния вихрей (1) для всех размеров донных частиц (табл.). Для  $d_p > 0,2$  см это отношение достигает минимального значения  $d/d_{sp} = 2$ . При слиянии двух вихрей-спутников диаметр получившегося вихря оказывается близким размеру основного вихря. Центры вихрей оказываются на одном горизонте, пара вихрей (цилиндры вытянуты вдоль горизонтальной поперечной оси координат) поднимается к поверхности воды. На рис. 2 показана пара вихрей (2), образованная над гравием  $2 \times 4$  мм при скорости потока  $u = 2$  м·с<sup>-1</sup>. Справа видны вихревые диполи (3), образованные над гладким дном из органического стекла. Диаметр вихрей в диполе неодинаковый, в результате вихри вращаются вокруг общего центра, что приводит к искривлению траектории движения. Концы вихрей вблизи вертикальной стенки канала отстают от центральной части диполя. Они вытягиваются, уменьшаясь в диаметре, скользят по дну, показывая траекторию перемещения центральной части (4). Видно, что у дна вихри смещались вверх по течению, что возможно, если ось основного вихря в момент формирования в вязком слое расположена выше, чем ось вихря-спутника. Эти вихри достигают поверхности воды только в том случае, если глубина потока меньше максимальной высоты подъема вихря. На рис. 3, а приведен кадр, полученный после прохода головной волны. Слева дно очищено от

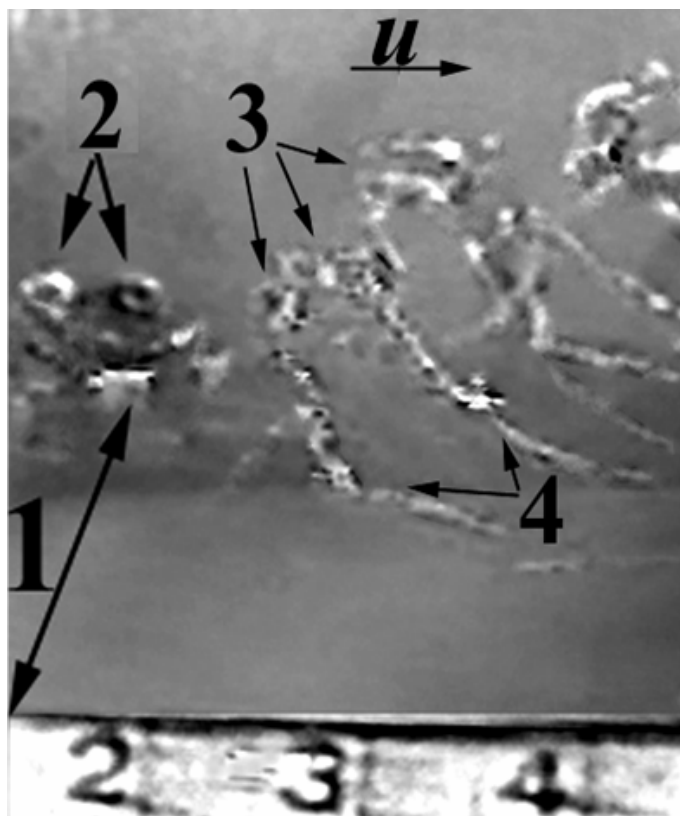
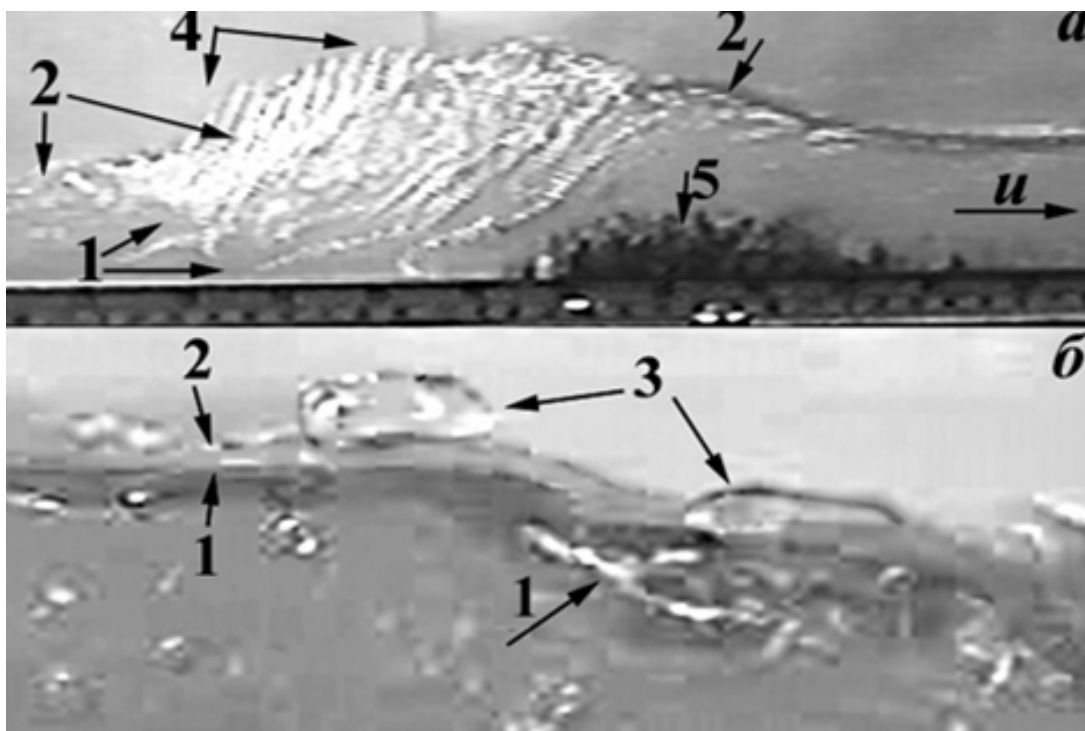


Рис. 2. Диполи, образованные над гравием (2) и над гладким дном (3); 1 – дно канала, 4 – концы вихрей у передней стенки канала

гравия, справа лежит гравий, потерянный распавшимися вихрями. На мелкой воде слева видны вихри, образованные над гладким дном и вылетевшие в воздух (4). Вихри высоко поднимаются над поверхностью воды. Судя по направлению концов вихрей у передней стенки канала, на границе вода – воздух направление движения диполя перпендикулярно свободной поверхности воды, что возможно, если оба вихря оказываются на поверхности одновременно. Из-за разности плотности сред на диполь действует сила градиента давления, направленная из воды в воздух [4]. Справа над глубокой частью волны подъема вихрей в воздух не наблюдается, а концы вихрей у передней стенки канала направлены к поверхности воды по касательной. В этом случае у поверхности воды находится маленький вихрь, а большой основной – под ним. При таком расположении диполя сила, направленная из воды в воздух, минимальна. На рис. 3, б крупно показана поверхность глубоководной части волны. К поверхности воды по касательной подошли вихри (3), вышли на поверхность, но не поднялись над поверхностью воды.



**Рис. 3. Волна после прохода головной части и распада вихревого жгута:**

1 – концы вихрей у передней стенки канала, 2 – поверхность воды, 3 – вихри, образованные под глубокой частью волны, 4 – вихри, образованные под мелкой частью волны и выброшенные в воздух, 5 – грунт, высыпаемый распавшимся вихревым жгутом

#### **Условия захвата крупных донных частиц вихрями**

Для того чтобы вихрь-спутник, образующийся под основным вихрем непосредственно у дна канала, мог захватить донную частицу, его диаметр должен быть не меньше диаметра частицы дна. При  $u > U_{cr}$  толщина вязкого слоя минимальна ( $\delta = \delta_{min}$ ), а вихри имеют минимальный размер. Для этих условий экспериментально была получена зависимость отношения диаметра вихря-спутника к диаметру частиц грунта  $d_{sp}/d_p$  от размера частицы (табл.). Обнаружено, что для мелких частиц с диаметром  $d_p < 0,05$  см отношение  $d_{sp}/d_p \geq 1$ , такие донные частицы могут поместиться в один вихрь-спутник.

Для захвата крупных частиц  $d_p > 0,05$  см необходимо, чтобы произошло слияние вихрей-спутников. Минимальное полученное значение отношения  $d_{sp}/d_p = 0,5$  для  $d_p > 0,2$  см. В этом случае диаметр вихря, возникающего при слиянии вихрей-спутников, близок диаметру частицы грунта. Таким образом, слияние вихрей-спутников, приводящее к формированию диполя, является необходимым условием захвата крупного грунта  $0,05 \text{ см} < d_p < 1,2 \text{ см}$  (исследованный диапазон размера частиц). В ряде экспериментов была получена зависимость скорости потока  $U_{dip}$ , при которой

вихри-спутники сливаются (формируется диполь), от диаметра донных частиц (табл.). Является ли условия слияния вихрей-спутников  $u > U_{dip}$  достаточным для того, чтобы вихрь мог захватить и унести крупную частицу?

В [3] показано, что вихри могут удерживать крупные частицы, если их плотность превышает плотность воды не более чем в 2,1 раза, а частицы вращаются без проскальзывания. Для того чтобы частица вращалась в вихре без проскальзывания, нужна достаточно большая скорость вращения вихря-спутника  $\omega_{sp}$ . В соответствии с [1]:

$$\omega_{sp} = \frac{d}{d_{sp}} \frac{2u_0}{\delta} . \quad (2)$$

Когда толщина вязкого слоя достигает минимального значения  $\delta_{min}$ , отношение диаметров вихрей фиксированно. Это значит, что угловую скорость вращения вихря определяет только придонная скорость  $u_0$ . Экспериментальные данные показали, что в диапазоне значений скорости  $u > U_{cr}$ , для которого  $\delta = \delta_{min}$ , придонная скорость  $u_0 \approx u/10$ . Учитывая (2), получаем:

$$\omega_{sp} = 0.2 \frac{d}{d_{sp}} \frac{u}{\delta_{min}} . \quad (3)$$

Следовательно,  $\omega_{sp}$  определяется только скоростью течения на поверхности потока. В серии экспериментов установлены критические значения скорости, при которых начинался захват крупных частиц грунта при указанном выше соотношении плотности частиц и воды. Эти значения скорости близки значениям  $U_{cr}$ , при которых вязкий слой достигает минимальной толщины (табл.). Для всех размеров частиц  $U_{cr} > U_{dip}$ . Отличие возрастает с увеличением диаметра частиц. Можно предположить, что при увеличении плотности донных частиц значение  $U_{cr}$  будет возрастать.

### Заключение

На основе экспериментального исследования придонного слоя головной части волны, возникающей при прорыве плотины, показано, что толщина вязкого слоя превышает диаметр донных частиц, растет с увеличением  $d_p$  и уменьшается при увеличении скорости потока. В вязком слое периодически формируются основные вихри и под ними вихри-спутники. Над мелким грунтом ( $d_p < 0,05$  см) диаметр вихрей-спутников больше диаметра донных частиц. Если  $d_p > 0,05$  см, диаметр вихря-спутника меньше  $d_p$ . При увеличении скорости потока  $u > U_{dip}$  и уменьшении толщины вязкого слоя вихри-спутники сближаются и сливаются в один вихрь, способный вместить крупную частицу. Захват частицы происходит при более высокой скорости течения  $U_{cr} > U_{dip}$ , при которой частица начинает вращаться в вихре без проскальзывания.

### Литература

1. Мельникова О. Н. Динамика руслового потока. М., 2006. 139 с.
2. Мельникова О. Н. Вихри в волне, бегущей по сухому грунту // Изв. АН. Физика атмосферы и океана. 2008. Т. 44, № 2. С. 266.
3. Мельникова О. Н. Захват гравия головной волной, возникающей при прорыве плотины в сухом русле // Изв. АН. Сер. Физическая. 2008. № 12. С. 1793.
4. Мельникова О. Н., Семенюк В. Н. Структура головной волны в сухом русле после прорыва плотины // Известия РАН. Сер. Физическая. 2006. № 12. С. 1700–1703.
5. Ancey C. Debris Flows and Related Phenomena // Geomorphologic Fluid Mechanics / Eds.: N. J. Balmforth, A. Provenzale. Berlin, 2001. P. 528.
6. Capart H., Young D. L. Formation of a jump by the dam-break wave over a granular bed // J. of Fluid Mech. 1998. V. 372. P. 165.
7. Khan A. A., Steffler P. M., Gerard R. Dam-Break Surges with Floating Debris // J. of Hyd. Engrg. 2000. ASCE. V. 126, N 5. P. 375.
8. Stansby P. K., Chegini A., Barnes T. C. D. The Initial Stages of Dam-Break Flow // J. Fluid Mech. 1998. V. 374. P. 407.

# ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ГИС УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ КЕРЕТЬ

Т. В. Скороспехова<sup>1</sup>, Г. В. Пряхина<sup>1</sup>, С. А. Журавлев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Государственный гидрологический институт

Устьевые области рек благодаря своим природным особенностям занимают особое положение среди других географических объектов. Устья рек выполняют роль природных «барьеров» между реками и морями. Здесь отлагается большая часть приносимых рекой наносов; задерживаются и накапливаются растворенные в воде вещества, в том числе загрязняющие, в наибольшей мере проявляются естественные и антропогенные изменения речного и морского режима. Устьевые области рек – наиболее экологически уязвимые природные объекты [1].

С 2006 г. кафедра гидрологии суши совместно с кафедрой физики Земли СПбГУ проводит полевые и экспедиционные работы в устьевой области р. Кереть, впадающей в Белое море между устьями рек Ковда и Кемь. Кереть протекает по территории Керетского заповедника, имеющего статус водно-болотного угодья международного значения. Керетский заповедник включает в себя острова, побережье и часть акватории Белого моря в устье р. Кереть. Гидрологические и экологические условия в эстуарии лимитируют численность проходных лососевых рыб (сёмги, горбуши, сига), составляющих основу речной экосистемы и являющихся важнейшим объектом рыбного промысла района.

За период 2007–2010 гг. в ходе экспедиционных полевых работ накоплено множество материалов, включающих в себя гидрологические, гидроморфометрические, гидрохимические и гидрофизические характеристики вод устьевой области и самой реки Кереть.

Создание геоинформационной системы устьевой области р. Кереть позволило обобщить и систематизировать данные, полученные в ходе экспедиционных работ кафедры гидрологии суши и кафедры физики Земли СПбГУ в 2007–2010 гг.; составить электронную батиметрическую карту объекта исследования; создать трехмерную визуальную модель устьевой области р. Кереть, а также выполнить расчеты батиметрических характеристик устьевой области, определить объем приливной призмы и зоны осушения и границы раздела пресных и морских вод.

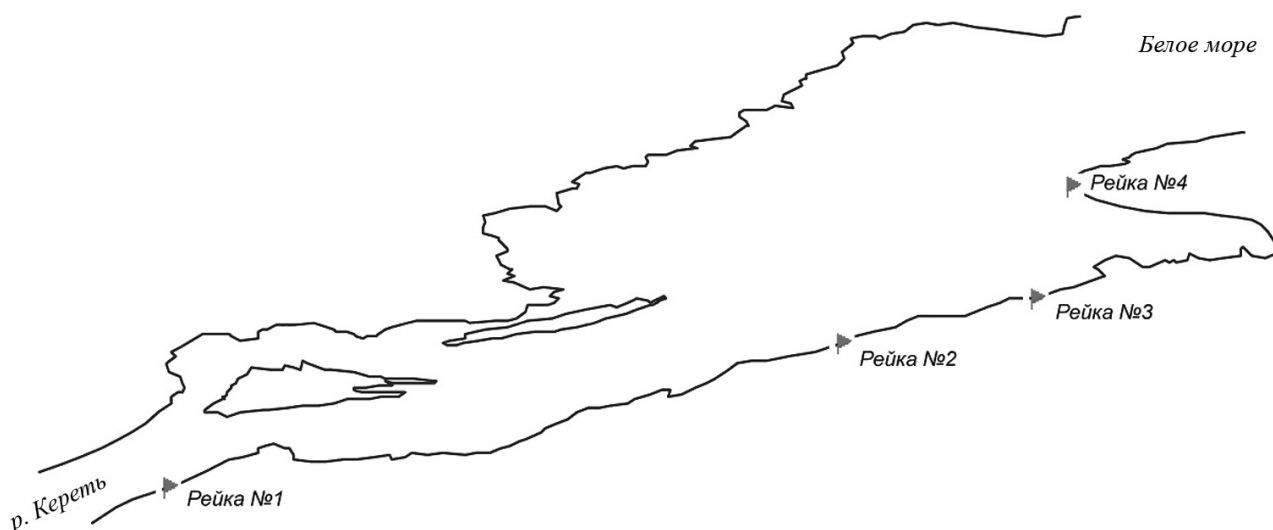
## Материалы и методы

В рамках полевых экспедиционных работ с 2006 по 2010 г. все измерения проводились в период с 8 по 20 августа, также проводились гидрохимические работы 1–2 июня 2008 г.

Для определения особенностей изменения уровня воды в устьевой области р. Кереть под влиянием речного стока и приливно-отливных колебаний моря на различных ее участках были организованы наблюдения за уровнем воды на временных реечных водомерных постах. Использовались нестационарные рейки, изготовленные из подручных материалов, длиной около 2 м, «нули» реек определялись с помощью нивелирных работ. Расположение постов от года к году практически не менялось и было выбрано таким образом, чтобы наиболее точно проследить нарастание и спад уровня в приливно-отливные фазы в различных частях устьевой области и определить положение замыкающего створа р. Кереть. С 2006 по 2009 г. измерения уровня велись по четырем рейкам: речной, двум устьевым и морской (рис. 1), в 2010 г. количество реек было сокращено до двух: речной и морской.

Батиметрическая съемка проводилась с 2006 по 2010 г. (для составления карты были использованы данные съемки 2009 г., так как они являются наиболее точными). Батиметрическая съемка и съемка береговой линии производились дважды, в фазу большой и малой воды. Съемка глубин осуществлялась с гребной лодки при помощи эхолота Garmin. Датчик прибора был закреплен на корме лодки и погружен в воду. Лодка шла по галсам с равномерной скоростью. Координаты точек начала и конца каждого галса записывались прибором, а также отмечалось время начала и конца галса для последующего приведения полученных отметок глубин к максимальному и минимальному уровню воды для полной и малой воды соответственно. Также производилась съемка трека береговой линии при помощи портативного GPS навигатора.





**Рис. 1. Расположение водомерных реек на плане устьевой области р. Кереть, август 2009 г.**

Гидрохимические исследования проводились в устьевой области р. Кереть в период 2007–2010 гг., а также в озерном расширении Керети в 2009 г. Воды реки проверялись на наличие биогенных элементов (азота нитритного, азота аммонийного, фосфора), на содержание растворенного в воде кислорода. Определялись значения общей минерализации, pH, температуры.

### **Результаты и обсуждение**

Целью работы было систематизировать и обобщить накопленные данные, а также по возможности представить их в удобном для восприятия виде, для чего была использована программа ArcGIS.

Была создана база данных гидрохимических и гидрофизических показателей, измерявшихся в период полевых и экспедиционных работ 2007–2010 гг. в устьевой области р. Кереть. Основными составляющими базы данных являются общая минерализация, растворенный кислород, pH и температура воды, измерявшиеся каждый полевой сезон на буйковых станциях в разные фазы водного режима. Помимо этого, в БД включены измеренные величины биогенных элементов ( $\text{NO}_2$ ;  $\text{NH}_4$ ;  $\text{PO}_4$ ), а также цветность и значения  $\text{SO}_4$ .

Помимо создания БД в среде программы ArcGIS было выполнено построение полигонов устьевой области для фаз большой и малой воды, а также определена зона осушения и объем приливной призмы. Данными для построения линий урезов в устьевой области для фаз большой и малой воды явились результаты GPS-съемки координат точек береговой линии, выполненных в 2009 г. в соответствующие фазы.

Построение полигонов в векторном виде и расчет их площадей были выполнены в приложении ArcMap (рис. 2). Площадь водной поверхности составила  $198\,800\text{ м}^2$  в фазу большой воды и  $154\,200\text{ м}^2$  – в фазу малой воды.

По разности площадей водной поверхности, при большой и малой воде, определена зона осушения, которая составила  $44\,600\text{ м}^2$ .

На основе данных, полученных во время полевых работ августа 2009 г., которые включали координаты береговой линии и данные съемки глубин, представляющие собой набор точек с координатами и значениями глубин, в приложении ArcMap построены батиметрические карты (рис. 3) и объемная модель устьевой области. Построение объемной модели устьевой области для фаз большой и малой воды выполнялось в дополнительном модуле программы ArcGIS ArcScene. Также на основе батиметрических карт рассчитаны объемы воды, занимающие устьевую область р. Кереть в фазу полной и малой воды. Они составили  $355\,900$  и  $146\,500\text{ м}^3$  соответственно. На основе этих данных был рассчитан объем приливной призмы, составивший  $209\,400\text{ м}^3$ .

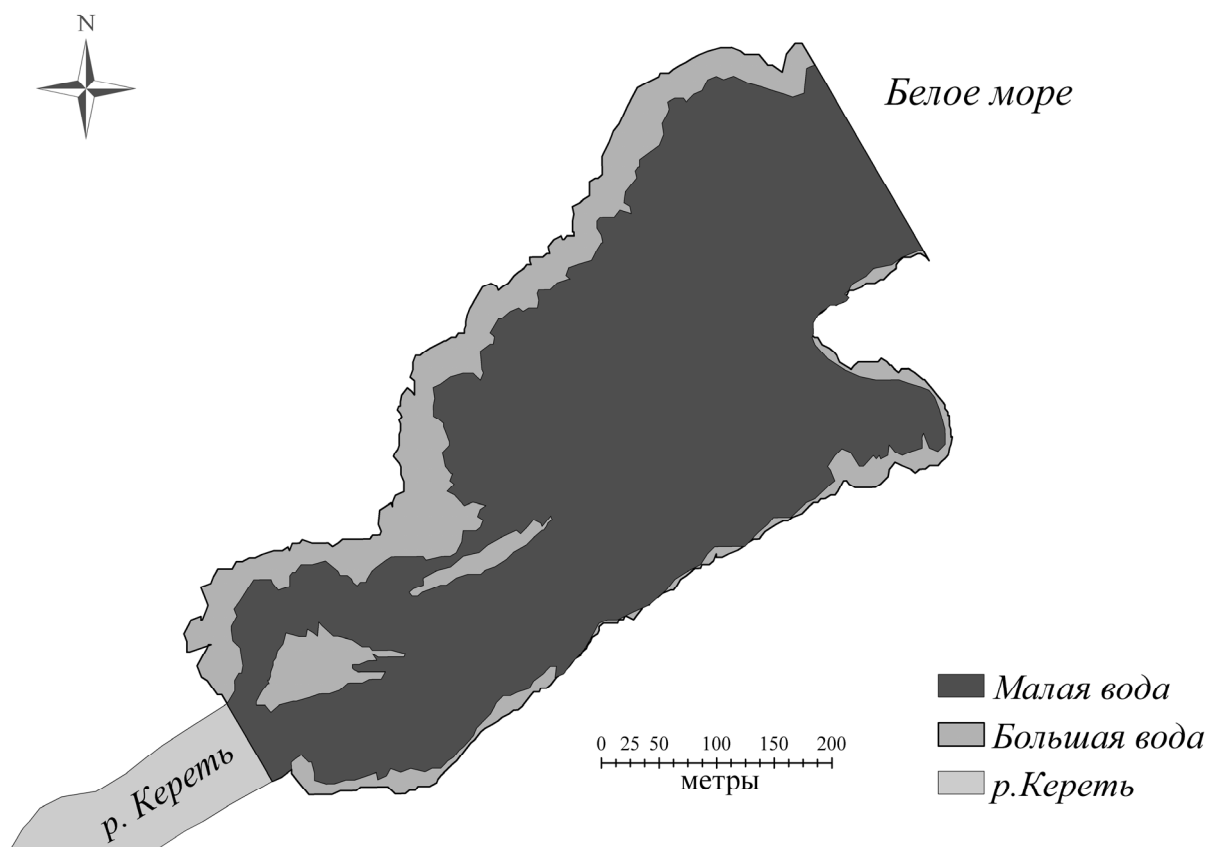


Рис. 2. Карта-схема зоны осушения устьевой области р. Кереть, 9–10 августа 2009 г.

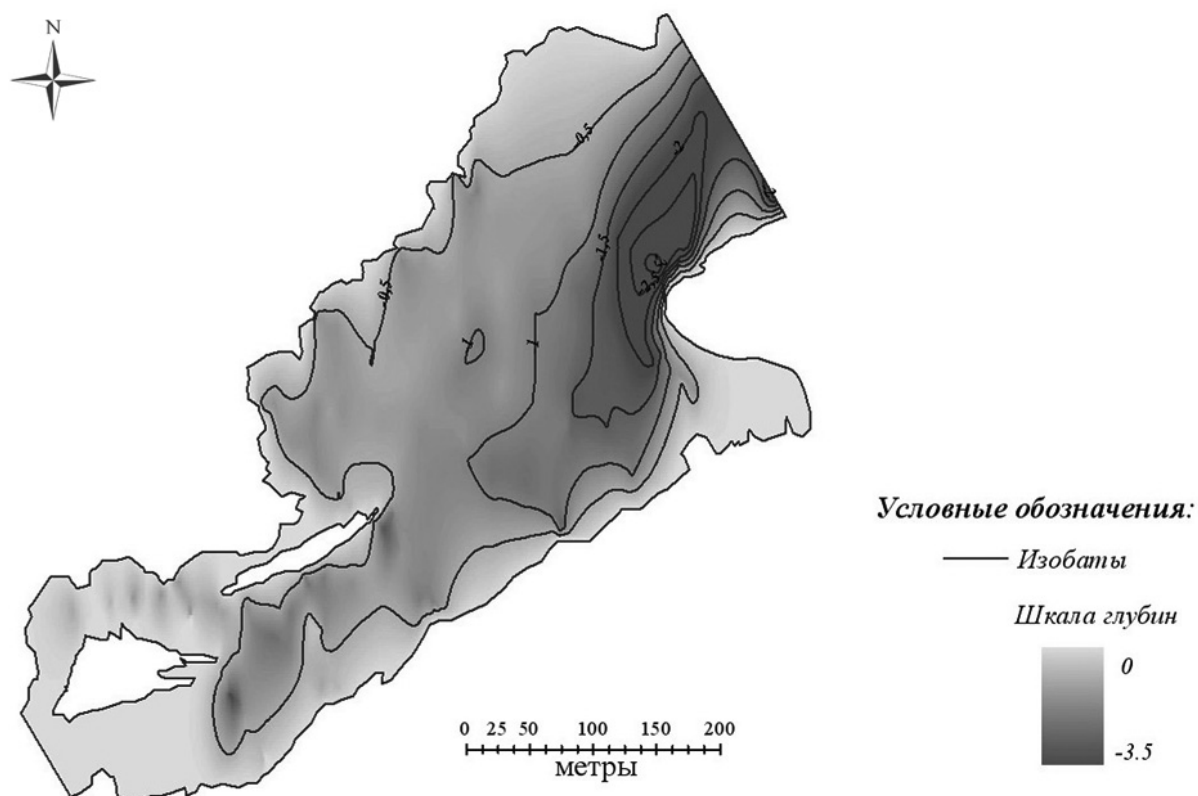


Рис. 3. Батиметрическая карта устьевой области р. Кереть, фаза малой воды, август 2009 г.

С использованием батиметрических карт устьевой области Керети в программе ArcGIS получены площади и объемы, ограниченные отдельными изобатами, по которым построены батиграфические и объемные кривые для большой и малой воды.

В 2007 г. отбор проб для определения общей минерализации воды производился на 5 станциях, расположенных на продольном и поперечных профилях устьевой области, в разные приливно-отливные фазы (рис. 4).

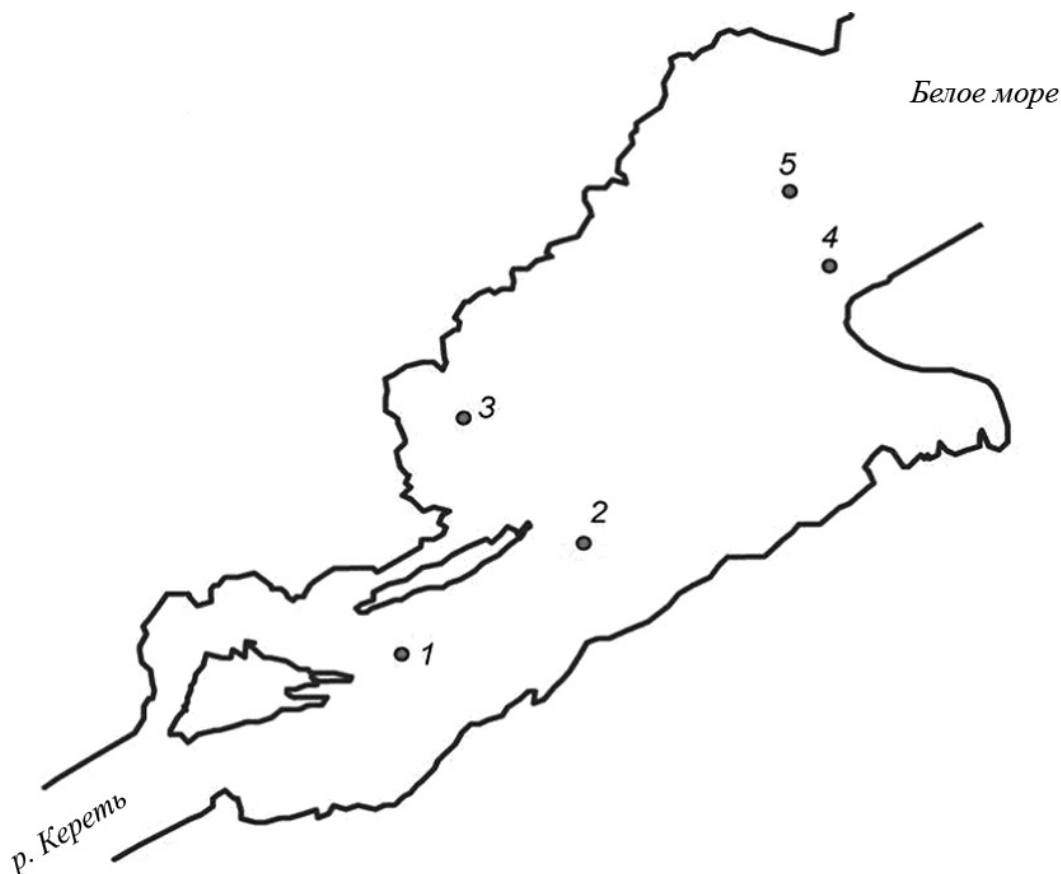


Рис. 4. Расположение буйковых станций, август 2007 г.

Работа с приложением ArcScene программы ArcGIS позволила на основе построенной объемной модели с использованием измеренных значений минерализации, хранящихся в созданной базе данных, представить пространственное распределение минерализации не только по глубине, но и по акватории устьевой области (рис. 5).

В период малой воды (рис. 5, б) пресная вода (минерализация  $<1000$  мг/л), приносимая рекой, наблюдалась в поверхностном слое на всех пяти станциях. На станции 1, расположенной ближе всего к реке, распресненный слой распространялся до глубины 1 м, а на глубине 1,5 м общая минерализация составила более 20 000 мг/л, что свидетельствует о присутствии там соленых морских вод. Такое же распределение общей минерализации с глубиной наблюдалось и на станции 2. На станциях, расположенных дальше от устья реки, присутствие морских вод было зафиксировано уже на глубине 1 м от поверхности.

В период большой воды (рис. 5, а) пресная вода на всех станциях определялась только в тонком поверхностном слое. Для станций 1 и 2 на глубине между 1,0 и 1,5 м наблюдалось резкое увеличение минерализации. Для станций 3, 4, 5 слой резкого скачка находился выше к поверхности, между 0,5–1 м.

Использование гидрологической ГИС позволило представить пространственное положение границы раздела пресных и соленых вод и дало возможность проследить ее перемещение в различные приливно-отливные фазы по данным измерений 2008 г. Граница проводилась по значению 1000 мг/л (рис. 6).

В период максимального подъема уровня (рис. 6, а) в устьевой зоне вода с минерализацией, превышающей 1000 мг/л, наблюдалась на всех станциях, где проводились измерения. В районе моря граница раздела пресных и соленых вод выходит на поверхность, т. е. данная часть устьевой области полностью подвергается морскому влиянию, соленая вода распространена на всей глубине.

В фазу спада (рис. 6, б) поверхностный слой постепенно распресняется речными водами. Граница раздела пресных и соленых вод проходит уже в более глубоких слоях. На нижней (морской) границе устьевой области, так же как и в фазу максимума, граница раздела выходит на поверхность.

В период малой воды (рис. 6, в) пресная вода наблюдалась в поверхностном слое на всех станциях. Граница раздела значительно сдвинута в сторону моря. На станциях 1–3 вода оставалась пресной по всей глубине, что объясняется близостью этих станций к реке. На морской станции граница проходит на глубине 0,2 м от поверхности.

В фазу подъема уровня (рис. 6, г) происходит движение границы раздела вод к реке, вверх по устьевой области. Расположение границы раздела в фазу подъема уровня проходит примерно таким же образом, как и в фазу спада. Граница имеет при этом менее сглаженный характер, что объясняется подпором, создаваемым речными водами.

### **Заключение**

Созданная в среде программы ArcGIS гидрологическая ГИС устьевой области р. Кереть позволила выполнить построение электронной батиметрической карты и трехмерной визуальной модели устьевой области, а также расчеты батиметрических характеристик, объема приливной призмы и площади зоны осушения, составивших 209 300 м<sup>3</sup> и 44 600 м<sup>2</sup> соответственно. ГИС дала возможность проследить изменение положения границы раздела пресных и морских вод в устьевой области р. Кереть в зависимости от приливно-отливной фазы.

Созданная гидрологическая ГИС устьевой области р. Кереть позволяет определять оптимальное положение станций для наблюдений за гидрологическими, гидрофизическими и гидрохимическими характеристиками в зависимости от особенностей распределения пресных и соленых вод, а в дальнейшем и пополнять имеющуюся базу данных.

### **Литература**

1. Михайлов В. Н. Гидрология устьев рек. М., 1998.
2. Отчет по результатам учебно-производственной практики в устьевой области реки Кереть и на внутренних водоемах о. Средний (Морская биологическая станция СПбГУ). СПбГУ, факультет географии и геоэкологии, кафедра гидрологии суши, 2006.
3. Отчет по учебно-производственной практике на морской биологической станции СПбГУ остров Средний, Белое море. СПбГУ, факультет географии и геоэкологии, кафедра гидрологии суши, 2007.
4. Отчет по гранту РФФИ № 07-05-00583: Развитие методов мониторинга состояния устьевых областей рек на основе георадиолокации и интегральной оценки состояния водных объектов, 2007.
5. Отчет по учебно-производственной практике на морской биологической станции СПбГУ остров Средний, Белое море. СПбГУ, факультет географии и геоэкологии, кафедра гидрологии суши, 2008.
6. Отчет о производственной практике в устьевой области р. Кереть и на внутренних водоемах о. Средний. СПбГУ, факультет географии и геоэкологии, кафедра гидрологии суши, 2009.
7. Отчет по экспедиционному гранту РФФИ № 09-05-10019-К – 2009.
8. What is ArcGIS 9 // © 2001–2004 ESRI. Russian Translation by DATA+, Ltd.
9. ArcGIS 9. ArcMap Руководство пользователя // © 2001–2004 ESRI. Russian Translation by DATA+, Ltd.
10. Arc Hydro Watershed and Stream Network Delineation // David Tarboton, Utah State University.

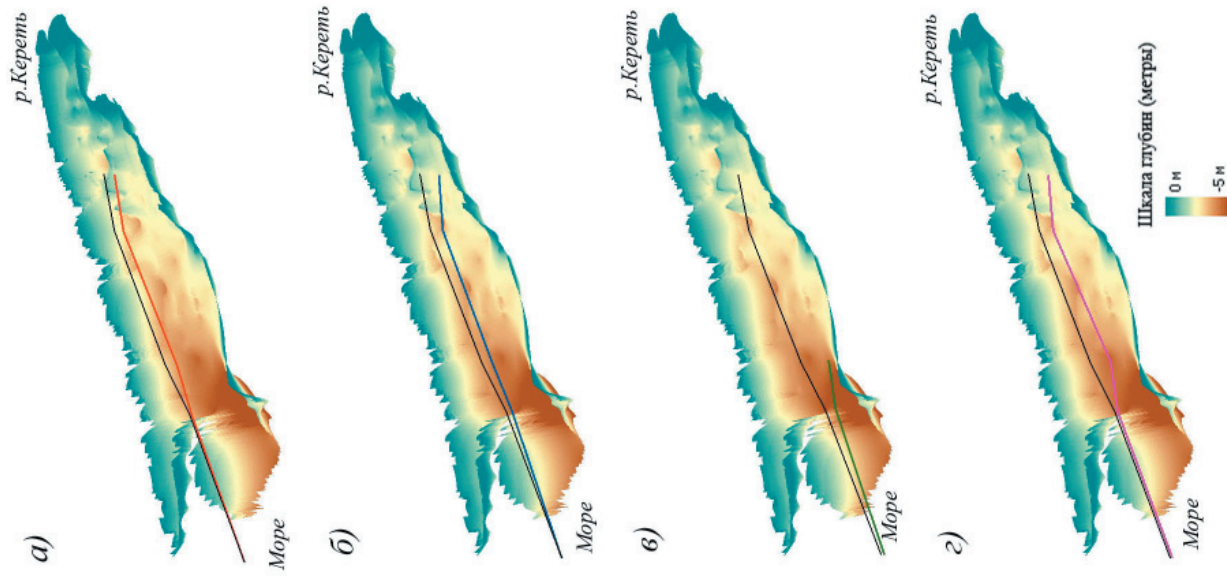


Рис. 6. Положение границы раздела пресных и соленых вод в устьевой области р. Кереть в различные приливо-отливные фазы (15 августа 2008 г.):

а – максимум, б – стад, в – минимум, г – подъем; черной линией обозначена поверхность воды в данную фазу

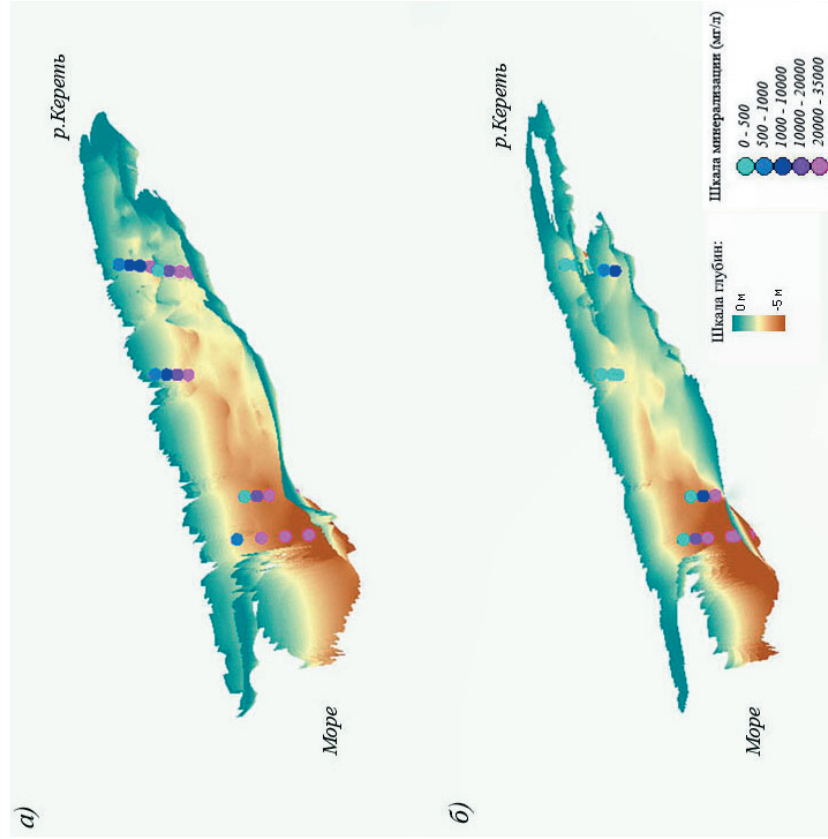


Рис. 5. Распределение минерализации по горизонтам в устьевой области р. Кереть в различные приливо-отливные фазы (16 августа 2007 г.):

а – фаза максимума, б – фаза минимума

# МИКРОРЕЛЬЕФ И МОРФОЛОГИЯ АККУМУЛЯТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ОБЛАСТИ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА

А. А. Урбан

*Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН*

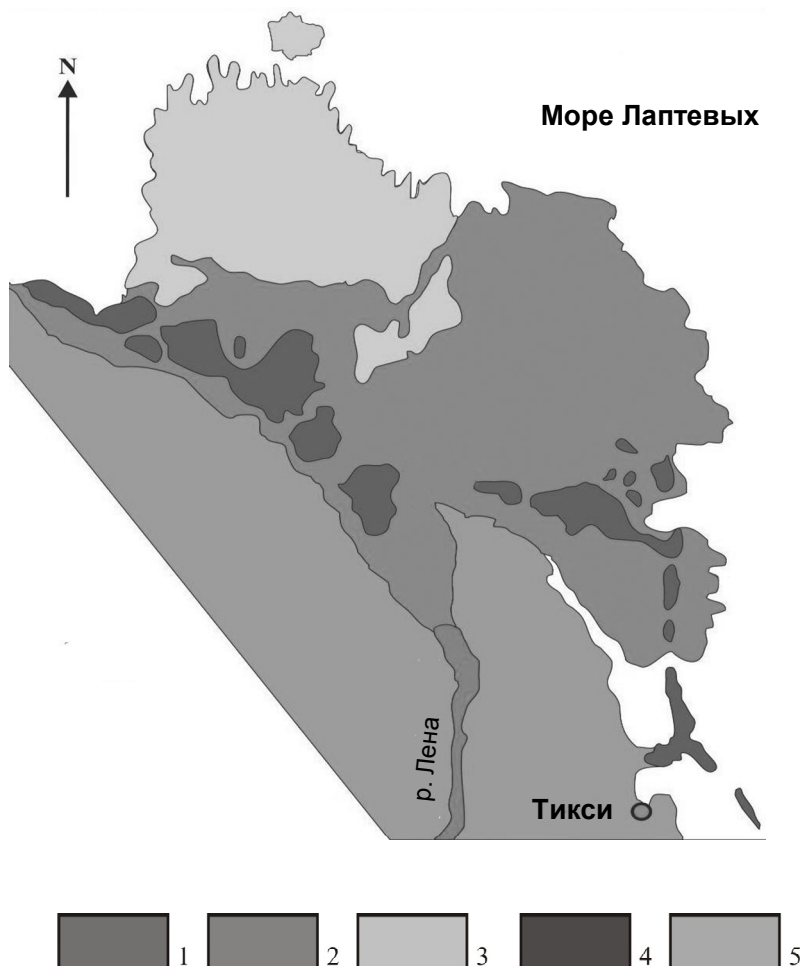
## Введение

Устьевая область р. Лена – обширная низменность с отчетливой ступенчатой поверхностью. В ее пределах выделяется несколько уровней аккумуляции. Каждый из них характеризуется своим составом и мощностью мерзлых толщ четвертичных отложений, а также их льдистостью, генезисом и возрастом. Все это наряду с температурным режимом мерзлых толщ определяет заметные различия в характере процессов формирования рельефа на отдельных уровнях рассматриваемой низменности.

Роль криогенных рельефообразующих процессов в преобразовании ландшафтов устьевой области р. Лена весьма велика. К таким процессам здесь относится, в частности, морозное пучение грунта. Формы морозного пучения – булгуны (пинго) – особенно часто встречаются на западе этой области. Приурочены они в основном к поверхности третьей надпойменной террасы. В пределах дельты р. Лена изучение процесса морозного пучения проводилось на о. Курунгнах-Сисе.

## Природные условия

Площадь дельты р. Лена составляет около 29 тыс. км<sup>2</sup>. Эта обширная территория подразделяется на относительно низкую восточную часть, где широко распространены отложения голоцена, и более высокую западную часть, в которой значительная площадь слагается породами плейстоцена [8] (рис. 1).



**Рис. 1. Геоморфологическая схема дельты р. Лена:**

1 – долины р. Лена; 2 – первая надпойменная терраса (абс. отм. 1–12 м); 3 – вторая надпойменная терраса (абс. отм. 20–25 м); 4 – третья надпойменная терраса (абс. отм. 30–55 м); 5 – низкогорье



В западной части выделяются юго-западный и северо-западный районы этой дельты. Первый представлен древними островами-останцами с высотными отметками более 30 м. Строение их определяется наличием льдистых толщ супесей и суглинков, включающих многочисленные и достаточно протяженные по вертикали тела повторно-жильного льда (ледяные жилы). Подобные толщи одни исследователи называют «едомными» отложениями, другие – ледовым комплексом.

Менее широко распространены породы ледового комплекса в северо-западном районе дельты р. Лена. Там преобладают острова, которые сложены преимущественно песками и характеризуются альтитудами поверхности менее 30 м [1].

Такая особенность дельты р. Лена, как наличие ледового комплекса, определяется климатическими условиями. По имеющимся данным, среднегодовая температура воздуха в дельте р. Лена составляет  $-12,7^{\circ}\text{C}$  [7]. Средние температуры января  $-30,5$ , июля  $7,7^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температур достигает  $-32,7^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум  $-53^{\circ}\text{C}$ . Отрицательная средняя суточная температура воздуха держится до 9 месяцев в году.

В этой области за год выпадает от 200 до 250 мм осадков. На летние месяцы приходится более половины годовой нормы (только за июль – август – более 100 мм). Устойчивый снежный покров образуется во второй половине сентября и сохраняется до середины июня. В долинах и на дне крупных оврагов снежники исчезают лишь в июле – августе, а некоторые сохраняются в течение всего лета [2, 3, 5, 7, 8].

Многолетнемерзлые породы характеризуются мощностью от 50 м в районе Оленекской протоки до 650 м в районе п. Тикси [2]. С приближением к береговой линии моря мощность этих пород существенно уменьшается. Под крупными озерами и протоками формируются как замкнутые, так и сквозные талики.

Температура ММП в устьевой области р. Лена – одна из самых низких в сравнении с другими устьевыми участками Арктического бассейна. На подошве слоя годовых теплооборотов температура ММП варьирует от  $-8$  до  $-13^{\circ}\text{C}$ . Мощность этого слоя в разных ландшафтных условиях составляет от 10 до 20 м.

Ледовый комплекс – сложно стратифицированная толща позднего плейстоцена, придает специфику разрезам третьей надпойменной террасы. Мощность этих льдистых супесей и суглинков достигает нескольких десятков метров. Строение их осложняется линзами разнотекстурных песков и торфянистого материала. Местами имеются отдельные включения гравия и гальки. Нижняя часть мощных ледяных жил проникает в подстилающие отложения на глубину до 10 м. Подстилают ледовый комплекс песчаные слоистые и часто мощные (до 7 м) торфянистые горизонты.

Ледовый комплекс иногда перекрывается линзами современных озерных, болотных и эоловых осадков и пойменными отложениями [1].

Параметры сезонного протаивания на третьей надпойменной террасе существенно изменяются в зависимости от степени увлажненности, характера растительного покрова и геоморфологического положения грунта. Так, в пределах заболоченных и торфянистых участков наблюдаемые в начале сентября мощности СТС составляют 0,2–0,4 м.

В зоне дренированной и незадернованной поверхности СТС имеет толщину 0,5–0,7 м. Местами вблизи бровки и на склонах террас мощность песчаного СТС достигает 1 м. В среднем же глубина сезонного оттаивания грунтов варьирует здесь от 0,4 до 0,6 м.

### Материалы и методы

Изучение морозного пучения на о. Курунгнах-Сисе проводилось на дне термокарстовой депрессии типа аласа. Эта депрессия, представляющая собой незамкнутую сточную блюдцеобразную форму термического карста, расположена в 3 км от береговой линии острова и характеризуется неровным дном. Здесь была проведена мерзлотная съемка, включающая в себя ландшафтное подразделение местности с описанием характера ее микрорельефа, степени его увлажнения и типа растительности, а также с GPS-привязкой и морфологическим описанием многолетнего бугра пучения.

Для суждения о составе и строении пород, слагающих исследуемую территорию, проводилось разведочное бурение на вершинах и подножии бугра до глубины 4 м. В ходе бурения были отобраны грунтовые пробы для уточнения состава испытывающих пучение отложений и определения их физико-механических свойств лабораторными методами. После окончания бурения каждая разведочная скважина была оборудована логгерами, автоматическими датчиками для измерения температуры грунтов в годовом цикле.

Для построения плана местности была проведена топографическая съемка аласа и бугра (булгуннях, пинго). Кроме того, были выполнены маршрутные наблюдения с морфологическим и мерзлотным описанием других подобных бугров в рельефе третьей надпойменной террасы на о. Курунгнах-Сисе.

### Результаты исследований

Активное развитие процессов морозного пучения определяется особенностями рельефа третьей террасы. Наличие на ней многочисленных термокарстовых депрессий (аласов), в которых промерзают гидрогенные талики, обуславливает здесь формирование отдельных бугров морозного пучения – булгунняхов, или пинго (рис. 2).

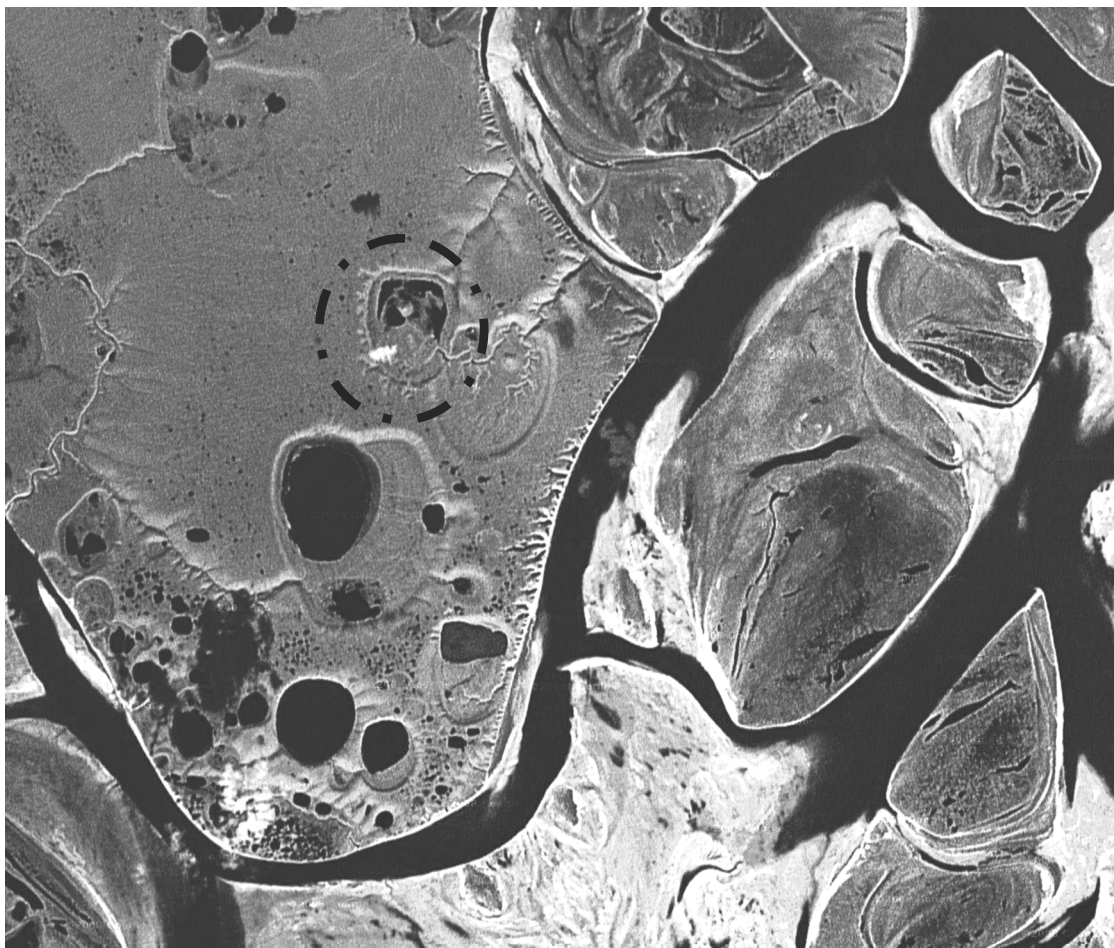



Рис. 2. Схема расположения участка работ на о. Курунгнах-Сисе

 участок работ

Располагаются булгунняхы на дне аласных котловин. На межаласных повышенных пространствах подобные бугры не встречаются. Об этом убедительно свидетельствуют данные проведенных маршрутных наблюдений и результаты предпринятого детального изучения одного из аласов.

Этот алас имеет округлую форму в плане (диаметр 800 м) и представляет собой плоскодонную котловину, ограниченную пологими и средней крутизны склонами. Они имеют относительную высоту до 30 м, что соизмеримо с мощностью пород ледового комплекса, в который врезана рассматриваемая депрессия.

Восточная часть дна исследуемой котловины отличается полигональным рельефом. Бугор морозного пучения (булгуннях) среди полигональной поверхности расположен в пониженной части дна аласа и окружен озерами. Глубина озер в среднем составляет 2–3 м. С северной и южной сторон булгуннях подмывается озерными водами.

Поверхность дна аласа, не занятая озерами, во многих местах заболочена. Степень ее увлажнения зависит от количества выпавших осадков. Сток поверхностных вод из аласа осуществляется в его южной части.

Отчетливо выраженный в рельефе аласного дна бугор пучения имеет обширный пьедестал – полосу переменной ширины. В этой полосе местность полого поднимается к булгунняху, а с удалением от него плавно сменяется заболоченным дном аласа. Диаметр пьедестала в плане около 100 м. Пьедестал слабо приподнят (0,5–1 м) над дном аласа, имеет небольшие уклоны и примыкает к более крутым склонам булгунняху. Высота бугра составляет до 30 м (рис. 3).

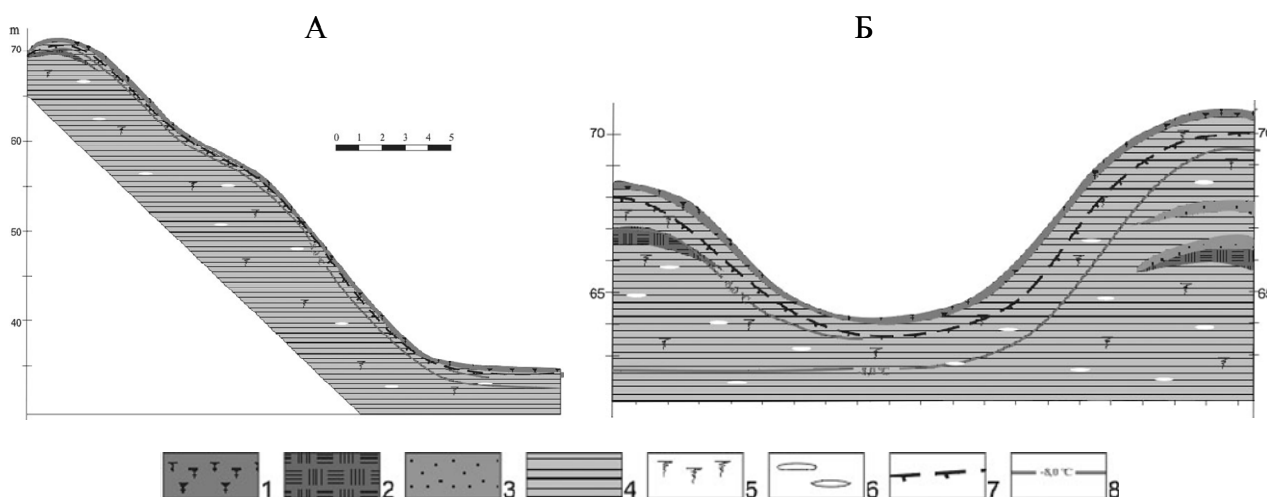


**Рис. 3. Панорамный вид булгунняху, расположенного в аласе, о. Курунгнах-Сисе, дельта р. Лена**  
(фото А. А. Урбан)

Крутые склоны бугра отличаются ступенчатым микрорельефом. Северо-западный склон сложен просадками в виде ям небольшой глубины. С южной стороны, где породы бугра отчасти размыты, на их склоне отмечены деформации, связанные с оплыванием и осыпанием грунта.

Булгуннях имеет две вершины. Одна представляет собой плоскую поверхность до 7 м шириной. Другая вершина имеет более крутые склоны и узкую (до 2 м) площадку.

Бурением установлено, что грунты в разрезах вершин и склона бугра имеют сходное строение. Как показано, эти разрезы в верхней части (до глубины 3,5–4 м) представлены преимущественно мерзлыми супесями. Их пачка с прослоями песков и растительными остатками содержит линзы льда. Подстилается она отложениями мерзлых песков с прослоями торфа. Геологический разрез буровой скважины, расположенной на подножии пинго, отличается отсутствием песчаных прослоев (рис. 4).



**Рис. 4. Мерзлотно-геологические разрезы по профилям:**

А – с вершины пинго до его подножия, Б – с вершины до вершины; 1 – почвенно-растительный слой, 2 – торф, 3 – песок, 4 – супесь, 5 – включения растительных остатков, 6 – линзы льда, 7 – верхняя граница многолетнемерзлых пород, 8 – изотерма

По данным, полученным в ходе измерения температуры в годовом цикле, грунт вершин булгунняху испытывает более сильное охлаждение, чем грунт его пьедестала.

## Обсуждение

Общая причина образования булгунняха – промерзание подозерных таликов вследствие быстрого осушения (спуска) термокарстовых озер.

Рост булгунняха – весьма сложный и многостадийный процесс, протекающий в течение не одного сезона и приводящий к перестройке поверхности ландшафта аласного дна. При образовании булгунняха поверхность вокруг него долго остается пониженным участком дна котловины, и здесь дольше сохраняются талики, из которых отжимается грунтовая вода при их промерзании. Возможно, это создает благоприятные условия для развития бугра пучения и для его дополнительного роста в целом.

В строении бугра морозного пучения (булгунняха) принимают участие выполняющие термокарстовую котловину озерные отложения, представленные супесями и суглинками. Их слои в разрезе вершин такого бугра залегают в той же последовательности, что и в разрезе пьедестала бугра.

Разрез вершин булгунняха отличается тем, что в нем слои мерзлого грунта выгнуты кверху и приподняты, образуя куполообразное вздутие. Эти слои увеличены в мощности за счет обильных включений льда. В ядре булгунняха слои грунта имеют повышенную по сравнению с аласным грунтом льдистость. Кроме льда-цемента, испытавшие морозное пучение слои в булгуннях содержат многочисленные включения (тонкие прожилки, линзы и отдельные зерна) сегрегационного льда и линзы инъекционного льда.

Распределение влажности в отложениях по разрезам закономерно. Влажность увеличивается с глубиной и достигает максимума на уровне ледяного ядра. Глубже ядра влажность мерзлого грунта убывает, и постепенно приближается к типичному значению для менее затронутого пучением аласного грунта [6].

На вершине пинго на глубине 2,0–2,5 м наблюдаются минимальные значения, у подножия на той же глубине эти значения максимальные по разрезу. Характер распределения также различен. На вершине влажность увеличивается с глубиной, у подножия – уменьшается (рис. 5). Судя по полученным данным, можно предположить, что ледяное ядро расположено в теле пинго.

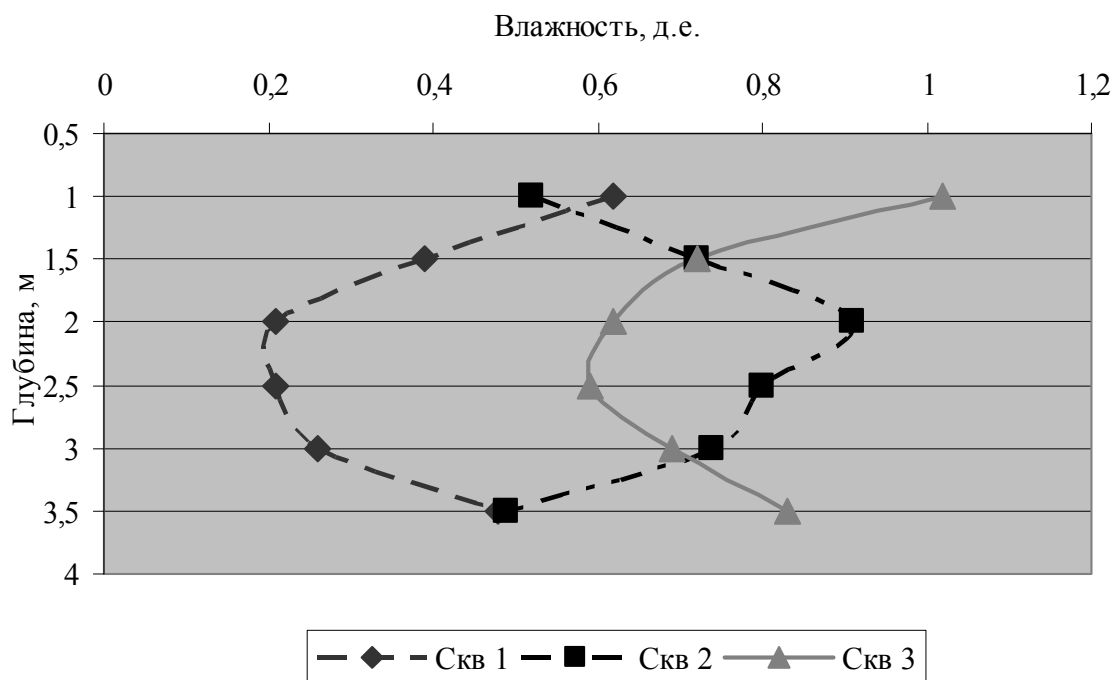


Рис. 5. Распределение влажности по глубине

Наличие двух вершин говорит о начавшемся разрушении булгунняха. Изначально сформировавшийся бугор имел одну вершину, где образовавшаяся трещина при попадании воды увеличивалась и расширялась и в конечном итоге превратилась во впадину, разделяющую вершины.

Образование булгунных закономерно входит в цикл развития аласа. Однако эти формы наблюдаются не в каждом аласе. Алас без булгунных можно относить к формам, где бугор пучения либо еще не успел возникнуть, либо полностью разрушился, либо не мог и не может возникнуть.

В. Н. Сакс [4] указывает следующие случаи, когда булгунных при промерзании подозерного талика не образуется:

1. Промерзающий талик соединяется с другими смежными таликами;
2. Подаласный талик промерзает раньше, чем начнется промерзание дна сохранившегося остатка озера;
3. Избыточный объем талика прорывает, а не выпучивает мерзлую кровлю и изливается на поверхность.

К этому можно добавить и другие случаи, а именно:

4. Промерзание талика идет столь быстро, что в промерзающий грунт не успевает подтягиваться вода со стороны, а развивающееся давление недостаточно для того, чтобы деформировать мерзлую кровлю значительной мощности;
5. Пучение происходит относительно равномерно и охватывает все дно котловины;
6. Объем талика недостаточен для начала формирования булгунных. В небольших котловинах пинго почти никогда не встречаются. Также маловероятно образование пинго при небольшой мощности талика и кратковременном существовании аласного озера;
7. Влажность талика невысокая и прирост объема при промерзании его распределяется в свободных порах, не вызывая значительного пучения;
8. Булгунных отсутствуют, если местность сложена песками и нет перекрывающих их супесчано-суглинистые грунты или торфяников.

Правда, большинство этих случаев, если не все они, пока что не подтверждены данными соответствующих разрезов аласных (термокарстовых) котловин.

### Заключение

Проведенные исследования подтверждают уже имеющиеся данные по литологическим, гидрологическим, мерзлотным особенностям, а также механизму формирования, собранные за многие годы изучения процесса морозного пучения.

В дельте р. Лена формирование бугров морозного пучения приурочено к аласным котловинам третьей надпойменной террасы, где после стока озер происходит быстрое промерзание подаласного талика. Как уже было отмечено, образование булгунных входит в цикл развития аласов, но не является его обязательным компонентом. Отложения, слагающие булгунных, имеют тот же состав, что и дно аласа, только их мощность увеличена за счет включений и прослоев льда. Генезис этих отложений озерно-болотный. Их развитие связано с избыточным увлажнением, в данном случае возникающем при наличии водоупорных горизонтов (многолетнемерзлые породы) и накоплении и застаивании поверхностных вод.

Соответственно закономерно распределяется и влажность по разрезу. Полученные данные позволяют предположить, что ледяное ядро находится в теле бугра. Кроме этого, температурные измерения показывают, что наибольшее охлаждение испытывают вершины булгунных.

Возможно, что продолжающие исследования на этой территории и уже полученные данные помогут еще лучше понять механизм формирования бугров морозного пучения не только для конкретных условий, но и в целом, а также проследить их динамику во времени.

### Литература

1. Григорьев М. Н. Криоморфогенез устьевой области р. Лены. Якутск, 1993. 176 с.
2. Григорьев Н. Ф. Многолетнемерзлые породы приморской зоны Якутии. М., 1966. 180 с.
3. Залогин Б. С., Родионов Н. А. Устьевые области рек СССР. М., 1969. 312 с.
4. Сакс В. Н. Некоторые данные о вечной мерзлоте в низовьях Енисея // Проблемы Арктики. 1940. № 1.
5. Самойлов И. В. Устья рек. М., 1952. 527 с.
6. Соловьев П. А. Исследования вечной мерзлоты в Якутской республике. Якутск, 1952. Вып. 3.
7. Справочник по климату СССР. Якутская АССР. Л., 1967. Вып. 24, ч. III. 270 с.
8. Якутия. Природные условия и естественные ресурсы СССР. М., 1965. 468 с.

# ЛЕДОВАЯ ОБСТАНОВКА МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО КАК ФАКТОР ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

**В. А. Четверова, А. С. Макаров**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

## **Введение**

Береговая зона морей представляет огромный интерес для исследователей. К учению о берегах могут обращаться различные отрасли хозяйства. Его научные данные находят свое применение в портостроении, берегоукреплении, навигации, рыбном хозяйстве, при поиске полезных ископаемых, при сооружении водохранилищ, в курортном хозяйстве. Немаловажную роль в освоении арктических шельфовых месторождений играет учет климатических и ледовых условий. Поэтому существует необходимость изучения береговых процессов.

Целью данных исследований было определение доли влияния ледовых условий на динамику береговой зоны морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Воздействие ледовой обстановки на формирование береговой зоны очень велико. Ледяной покров оказывает как денудационное, так и аккумулятивное воздействие на береговую зону.

Глыбы плавучего льда и ледяные поля двигаются в направлении господствующих ветровых течений и, задевая мелководные участки льда, стирают поверхностный слой илистых наносов и водорослей, образуя за собой шрамы выпавивания [3].

Аккумулятивное воздействие проявляется в образовании временных аккумулятивных форм, образующихся за крупными массивами льда, валов и неправильных нагромождений наносов на пляже.

Если на дне имеются камни, то постепенно в несколько приемов при напоре льда они выталкиваются на пляж. Весной, когда лед тает, можно видеть эти глыбы, размер которых иногда превышает (на Балтике) 4 м в диаметре, а также глубокие борозды, оставленные камнем на поверхности пляжа, или нагромождения из более мелкого щебня и валунов [2].

Основная же функция ледяного покрова – консервация акватории от возможного гидродинамического воздействия. Лед оказывает защитное влияние на берег, прекращает абразию, а в тех местах, где образуется припай, и перемещение наносов на подводном склоне.

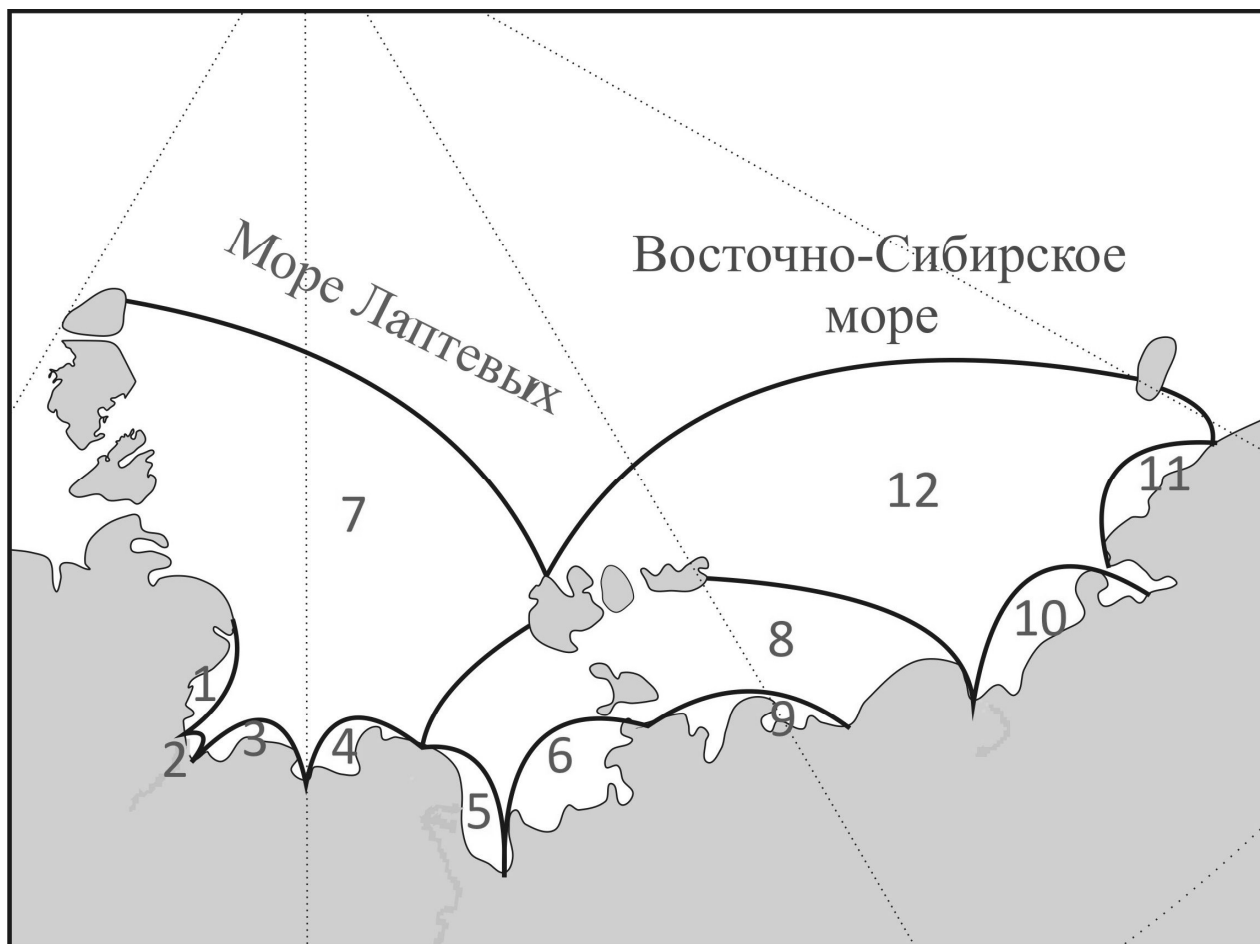
Интенсивность береговых процессов будет зависеть от длительности стояния ледового покрова. Большинство полярных морей замерзает на 6 и более месяцев, стало быть, в течение этого времени берега не подвергаются волновому воздействию.

## **Материалы и методы**

Исследования проводились с помощью исторического массива общей и частных сплоченностей и возрастных градаций ледяного покрова СЛЮ с сайта Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (<http://www.aari.nw.ru/>). Были изучены карты, составленные подекадно в 1950–1991 гг., отображающие площадное распространение ледовитости морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Фон ледовых условий показывался в баллах (1 балл соответствует 10% площади ледовитости морей).

Исследуемая территория (побережье морей Лаптевых и Восточно-Сибирского) была разбита на 12 ключевых участков с примерно равным распределением ледовых условий в каждом из них (рис. 1): 1 зона. Восточное побережье п-ова Таймыр и приустьевой участок р. Хатанга. 2 зона. Устье р. Хатанга, Хатангский залив. 3 зона. Побережье моря Лаптевых между р. Хатанга и р. Оленёк. 4 зона. Западное побережье р. Лена. 5 зона. Восточное побережье р. Лена. 6 зона. Побережье Яно-Индигирской низменности до восточной окраины моря Лаптевых. 7 зона. Морская акватория между Новосибирскими о-вами, Западным побережьем р. Лена и о-вами Северная Земля. 8 зона. Морская акватория между Новосибирскими о-вами, Приколымской низменностью, Восточным побережьем р. Лена. Побережье Приколымской низменности. 9 зона. Побережье Восточно-Сибирского моря от пролива Дмитрия Лаптева до Приколымской низменности. 10 зона. Побережье Восточно-Сибирского моря от р. Колыма до Чаунской губы. 11 зона. Побережье Восточно-Сибирского моря от Чаунской губы до восточной окраины моря и о. Врангеля. 12 зона. Морская акватория от Новосибирских о-вов, р. Колыма до восточной окраины Восточно-Сибирского моря.





**Рис. 1. Схема границ ключевых участков**

Данные ледовитости морей Лаптевых и Восточно-Сибирского обобщались, были подсчитаны средняя годовая продолжительность безледного и бесприпайного периодов (в декадах за год) в каждой из 12 зон.

Данные среднееголетней скорости отступления берегов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского были взяты из работы М. Н. Григорьева [1], в которой был обобщен весь имеющийся по этому вопросу литературный материал, а также приведены результаты исследований самого автора.

Данные средней годовой продолжительности безледного и бесприпайного периодов и среднееголетней скорости отступления берегов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского обобщались, и на их основе были построены карты средней годовой продолжительности безледного периода и бесприпайного периодов с нанесенными данными среднегодовых скоростей отступления берегов (рис. 2, 3).

### **Результаты и обсуждение**

В результате проведенных исследований было выявлено, что в пределах береговой зоны изучаемых морей наблюдается неравномерность распределения среднееголетней скорости отступления берегов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского на небольших по протяженности участках береговой линии, что, возможно, является следствием пространственных изменений льдистости. Среднееголетние скорости отступления берегов в основном небольшие из-за мелководности прибрежно-шельфовой зоны арктических морей.

На основе подсчитанных значений средней годовой продолжительности безледного и бесприпайного периодов был сделан вывод о том, что ледовая обстановка морей Лаптевых и Восточно-Сибирского такова, что в среднем береговая зона освобождается ото льда на 2–3 месяца (продолжительность безледного периода). В основном это летние и осенние месяцы. Продолжительность бесприпайного периода составляет 3–5 месяцев.

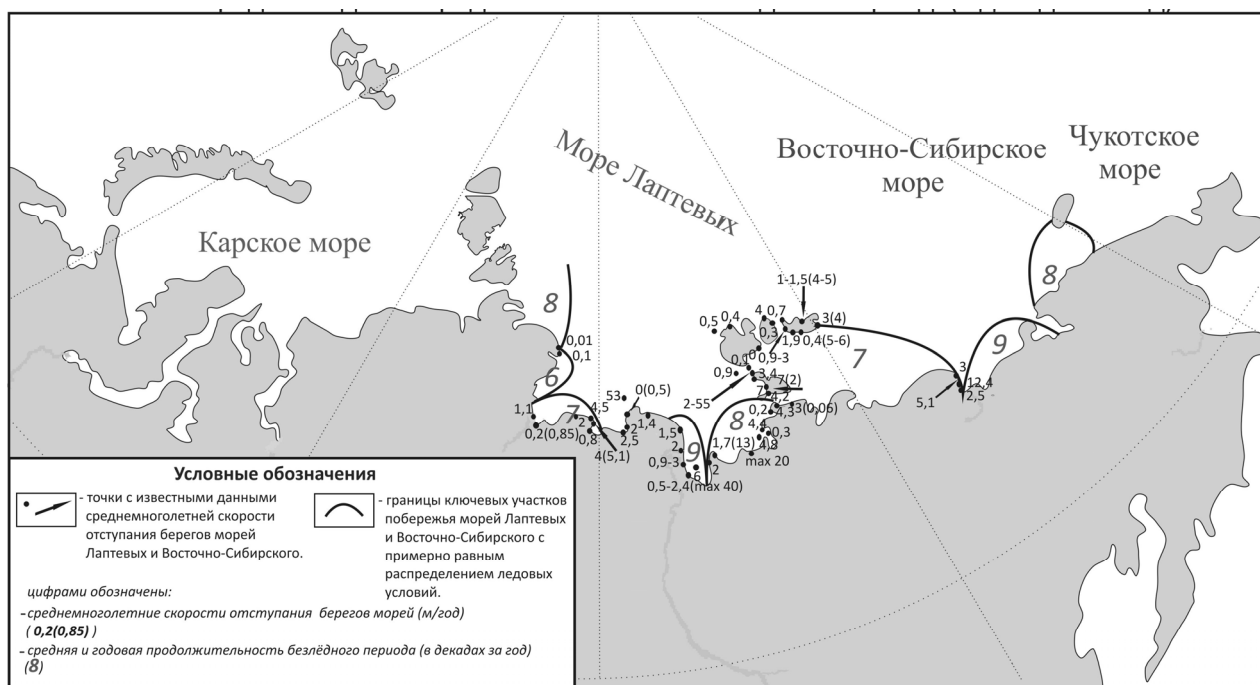


Рис. 2. Средняя годовая продолжительность безледного периода (в декадах за год)

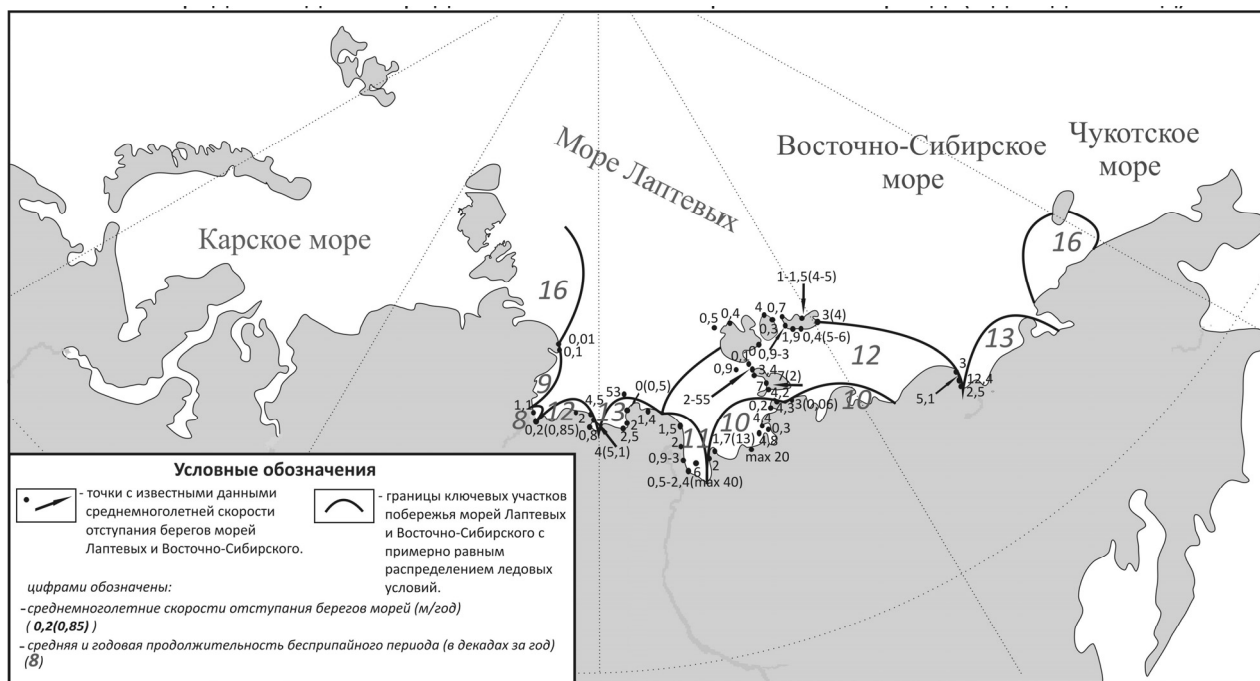


Рис. 3. Средняя годовая продолжительность бесприпайного периода (в декадах за год)

Также была обнаружена зависимость длительности безледного периода от среднегогодовой скорости отступления берегов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Например, в зоне 1 – восточное побережье Таймыра и приустьевой участок р. Хатанга (рис. 1) – минимальная продолжительность безледного периода и небольшие среднегогодовые скорости отступления берегов. В 5-й и в 10-й зонах наблюдается максимальная продолжительность безледного периода, что, скорее всего, связано с тем, что эти зоны являются приустьевыми участками рек Лена и Оленёк. Среднегогодовые скорости отступления берегов здесь достигают своих максимумов.

На побережье морей, где нет рек, наблюдаются небольшие среднегогодовые скорости отступления берегов и небольшая продолжительность безледного периода.

Таким образом, чем больше продолжительность безледного периода, тем больше скорость отступления берегов. Размыв и отступление берега происходит за счет увеличения энергии волн во время безледного периода, а значит, и гидродинамической активности, которая, в свою очередь, возрастает вследствие усиления атмосферной циркуляции, увеличения пространств открытой воды и продолжительности безледного периода.

В развитии берегов полярных стран интенсивность береговых процессов в значительной мере будет зависеть от длительности стояния ледового покрова. Весной, когда сплошной ледовый покров исчезает, плавающие льдины небольшого размера создают своеобразный ледовый плавник, который волны могут швырять в подножие клифов. Без сомнения, известное разрушающее воздействие на клифы такой лед оказывает, но само время, когда в море плавают отдельные льдины, слишком ограничено. Наличие плавучих льдов в большей степени замедляет развитие берега, хотя и имеются некоторые примеры их эрозионной деятельности.

Максимум продолжительности бесприпайного периода, как и безледного, наблюдается в приустьевых участках. Минимум продолжительности бесприпайного периода наблюдается в зоне 2. Максимумы и минимумы продолжительности безледного и бесприпайного периодов не совпадают. Причиной этого могут являться климатические условия, гидродинамика и др. Зависимость между длительностью бесприпайного периода и скоростью отступления берегов не была обнаружена.

Таким образом, безледный период отражает активность берегоформирующих процессов. Продолжительность гидродинамического воздействия на берег является фактором, во многом определяющим развитие береговой зоны. Длительность бесприпайного периода на скорость отступления берегов изучаемых морей напрямую не влияет.

### **Заключение**

Целью данных исследований являлось определение доли влияния ледовых условий на динамику береговой зоны морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Была изучена продолжительность безледного и бесприпайного периодов побережья морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

С помощью данных ледовитости морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, которые снимались с 12 ключевых участков выбранной зоны подекадно за 41 год, были подсчитаны значения средней годовой продолжительности безледного и бесприпайного периодов.

Согласно полученным данным, безледный период в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском составляет 2–3 месяца (в основном это летние и осенние месяцы), бесприпайный – 3–5 месяцев.

С помощью данных средней и годовой продолжительности безледного и бесприпайного периодов и среднемноголетней скорости отступления берегов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского были построены карты продолжительности безледного и бесприпайного периодов побережья морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Результатом исследований стал вывод о том, что безледный период отражает активность берегоформирующих процессов. Продолжительность гидродинамического воздействия на берег является фактором, во многом определяющим развитие береговой зоны. Длительность бесприпайного периода на скорость отступления берегов изучаемых морей напрямую не влияет.

Таким образом, ледовые условия играют немаловажную роль в переформировании береговой зоны морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

### **Литература**

1. Григорьев М. Н. Криоморфогенез и литодинамика прибрежно-шельфовой зоны морей Восточной Сибири: Дис. ... докт. геогр. наук. Якутск, 2008.
2. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов // Тр. Океаногр. комиссии АН СССР. 1962.
3. Леонтьев О. К. Основы геоморфологии морских берегов. М., 1961.
4. <http://www.aari.nw.ru/> Сайт ГУ «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт». Исторический массив общей и частных сплоченностей и возрастных градаций ледяного покрова СЛО.

Часть 2

# Гидрохимия





# МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ИОННОГО СТОКА РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА

М. А. Абдуев

*Институт Географии НАНА*

## Введение

Работа посвящена описанию многолетних изменений гидрохимического режима и ионного стока рек Азербайджана и определению возможных причин этих изменений. В основе изучения многолетних изменений гидрохимического режима лежит вычисление средних годовых взвешенных по стоку концентраций главных ионов и минерализации, выделение из полученных рядов линейных и нелинейных трендов, расчет различных характеристик многолетних изменений с использованием линейного тренда. Ранее нами было показано [1], что для оценки многолетних изменений при обработке больших массивов гидрохимической информации удобно использовать относительные многолетние изменения – отношение изменения концентраций (по линейному тренду) за весь период наблюдений к средней концентрации за первые пять лет наблюдений.

## Материалы

В данной статье приведены результаты обобщения и анализа гидрохимических данных по рекам Азербайджана [4, 5]. Для изучения направленности процессов изменения гидрохимического режима рек был выбран период 1950–2008 гг. Для анализа изменения гидрохимического режима рек за указанный период использовались данные на 39 пунктах с периодами наблюдений 25–40 лет. Эти пункты относительно равномерно распределены по территории Азербайджана и расположены на основных реках республики.

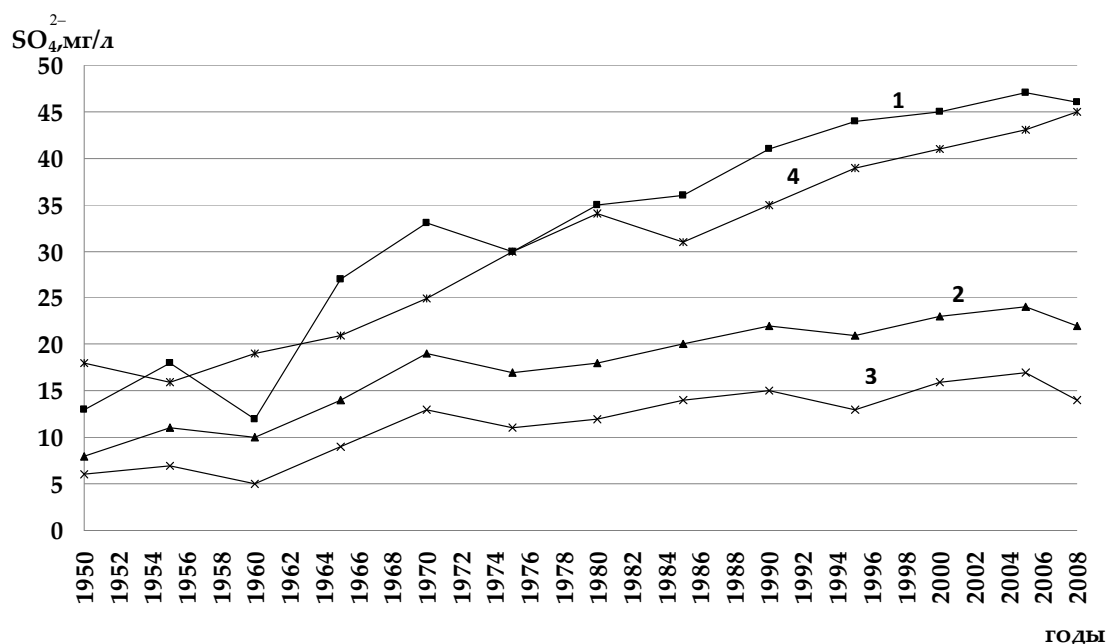
## Результаты и обсуждение

Анализ относительных многолетних изменений концентраций главных ионов для рек Азербайджана показывает, что они могут достигать очень больших значений для рек с длинными рядами наблюдений. Так, относительные многолетние изменения для рядов средних годовых концентраций хлоридов, сульфатов, натрия и калия в воде 20 рек, наблюдения за химическим составом которых продолжались не менее 30 лет, обычно превышают 100–150 мг/л, достигая в отдельных случаях 400–500 мг/л. Рост концентраций отмечается и для всех остальных ионов: магния – от 30 до 78 мг/л, кальция – от 27 до 57 мг/л и гидрокарбонат-иона – от 15 до 70 мг/л. Минерализация воды рассматриваемой группы рек возрастает на 45–165 мг/л, а водный сток для большинства рек имеет тенденцию к убыванию. Концентрации всех главных ионов увеличиваются также и на других реках. Для рек с рядами наблюдений от 17 до 28 лет, как правило, имеет место тенденция к возрастанию концентраций суммы натрия и калия, сульфат- и хлорид-ионов и уменьшению концентраций гидрокарбонат-иона, кальция, магния, а также суммы ионов. Для исследуемых рек имеется много общего в характере многолетних изменений концентрации одноименных ионов. Вместе с тем характер многолетних изменений концентрации хлорид-иона существенно отличается от такового для сульфат-иона. Так, для хлорид-иона незначительное увеличение концентраций начинается в середине 60-х гг. и продолжается до середины 70-х, после чего в течение 4–6 лет происходит резкое (в 2–4 раза) увеличение концентрации. С начала 80-х гг. рост прекращается и происходит довольно существенное уменьшение концентрации хлоридов. Что касается сульфатов, то увеличение их концентрации в воде рек Азербайджана началось с середины – конца 60-х гг. и продолжалось примерно с одинаковой интенсивностью до середины 80-х, после чего наблюдается стабилизация концентрации или незначительное ее увеличение (рис. 1).

Гидрохимический режим исследуемых рек можно считать ненарушенным (условно-естественным, фоновым) только до середины – конца 60-х гг. [2]. Масштабное строительство водохозяйственных систем и их эксплуатация начались после середины 60-х гг. XX в. Это привело к расширению орошаемых площадей почти в 2,5 раза. В результате произошли большие изменения в гидрохимии поверхностных вод в количественном и качественном отношении. Таким образом, в



настоящее время при оценке антропогенного воздействия нужно пользоваться данными продолжительностью не менее 45–50 лет. Использование для этой цели более коротких рядов относительно малоинформативно и характеризует изменение интенсивности антропогенного воздействия в современный период, а не его значение по отношению к фоновому (условно-естественному) состоянию.



**Рис. 1. Многолетние изменения концентрации сульфатов в воде рек Азербайджана:**

1 – Гянджачай, с. Зурнабад; 2 – Гусарчай, с. Кузун; 3 – Талачай, г. Загатала; 4 – Ленкоранчай, г. Ленкоран

**Среднемноголетняя минерализация некоторых рек Азербайджана, мг/л**

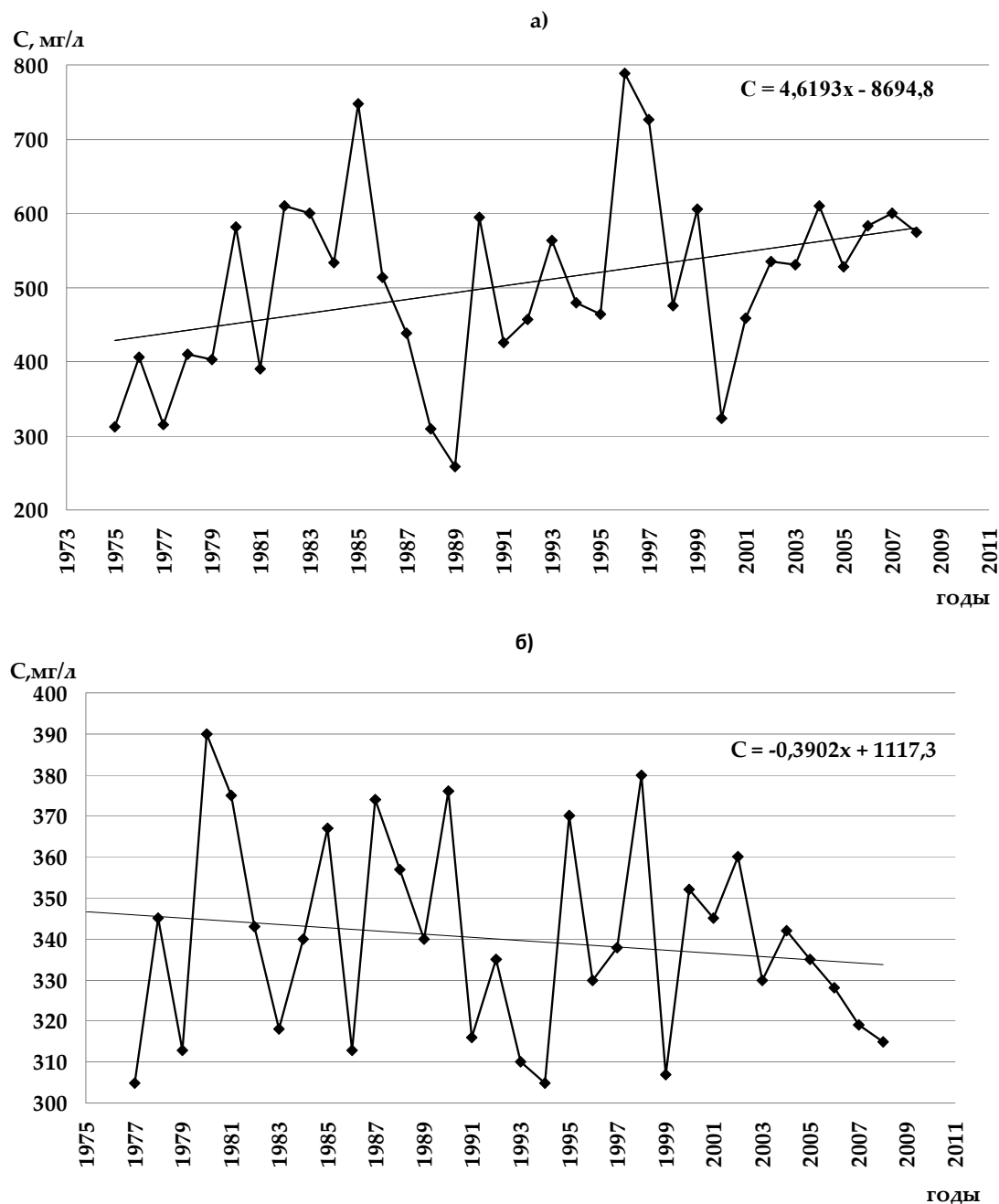
Река – пункт	Годы	Февраль	Апрель	Июнь	Август	Октябрь	Декабрь
Белоканчай – Белокан	1965–1974	426	318	193	326	319	338
	1975–1984	444	340	195	342	339	364
	1985–1994	488	666	484	394	454	376
	1995–2008	512	695	622	536	583	455
Геокчай – Геокчай	1965–1974	566	387	325	376	394	382
	1975–1984	626	412	364	451	441	411
	1985–1994	668	477	374	469	510	422
	1995–2008	754	585	518	712	681	573
Кудиалчай – Куба	1965–1974	555	497	329	319	563	487
	1975–1984	604	523	381	357	589	520
	1985–1994	614	551	387	392	619	596
	1995–2008	669	609	511	468	672	629
Актафачай – Казах	1965–1974	743	674	558	444	594	522
	1975–1984	1031	755	581	463	646	551
	1985–1994	1218	872	637	612	683	646
	1995–2008	1443	1123	877	1271	886	819
Гошгарчай – Дашкесан	1965–1974	400	300	320	465	440	395
	1975–1984	507	318	544	527	551	451
	1985–1994	979	710	696	821	1380	552
	1995–2008	640	716	732	884	828	605
Нахичеванчай – Нахичеван	1965–1974	536	529	403	641	416	424
	1975–1984	552	567	428	672	459	468
	1985–1994	570	598	447	708	760	750
	1995–2008	582	617	478	764	773	777
Виляшчай – Шыхляр	1965–1974	700	612	648	825	757	518
	1975–1984	727	669	725	887	801	524
	1985–1994	791	860	800	1095	960	815
	1995–2008	825	1000	1200	1400	1040	860

На реках Азербайджана, имеющих наиболее длинные ряды наблюдений, зафиксированы значительные изменения минерализации и содержания главных ионов. Так, вынос ионов хлора, сульфата, натрия и калия увеличился на 100–200 мг/л. Следовательно, в настоящее время дополнитель-

ное поступление этих веществ в речную сеть из антропогенных источников уже в несколько раз превышает их поступление из природных источников. Вынос гидрокарбонат-иона и кальция возрос незначительно (менее чем на 100 мг/л), а в отдельных случаях – уменьшился, магния – увеличился в среднем на 50 мг/л, прирост колеблется от 35 мг/л на р. Катехчай до 94 мг/л на р. Кудиалчай.

Анализ многолетних рядов минерализации рек Азербайджана показал, что тенденции ее изменений имеют очень сложный и неоднозначный характер (табл.).

На реках Малого Кавказа наблюдаются разнонаправленные изменения гидрохимического режима. Тренд отмечается на реках Акстафчай, Таузчай, Шамкирчай, Гянджачай, Гошгарчай, Кендаланчай и Каркарчай (рис. 2, а). За период 1975–2008 гг. минерализация р. Акстафчай в створе г. Казах повысилась за год в 1,8 раза, изменяясь от 474 до 842 мг/л. В р. Таузчай величина средней годовой минерализации составляет 13,6 мг/л. Слабый отрицательный тренд отмечается на реках Кюракчай, Тертерчай, Ахохчай и Акерачай (рис. 2, б).



**Рис. 2. Изменения минерализации за период 1975–2008 гг.:**

а – Гошгарчай, г. Дашкесан; б – Ахохчай, с. Ханага

За период 1950–2008 гг., согласно полученной оценке тренда, минерализация в этих реках повысилась почти на 200 мг/л, что составляет около 60% его среднемноголетней величины.

На реках Ленкоранской природной области также обнаруживаются многолетние колебания минерализации. По полученным значениям тренда, минерализация р. Виляшчай за год увеличилась от 0,68 до 6,53 мг/л, р. Ленкоранчай – от 0,83 до 2,47 мг/л, а в р. Тангерудчай она в среднем составила 1,95 мг/л.

На реках Нахичеванской АР также наблюдается положительный тренд. Среди рек Нахичеванской АР наиболее существенному изменению гидрохимического режима подвержена р. Нахичеванчай.

В Куре также обнаруживаются многолетние колебания минерализации. О современном качестве воды р. Кура и его изменении по протяженности реки можно судить по приведенным цифрам. Например, у с. Пойлу величина минерализации в течение года меняется от 351,4 (весна) до 680,2 мг/л (лето); у с. Сурра она в течение года меняется от 795,1 (весна) до 1016,2 мг/л (лето); у г. Ширван она внутри года меняется от 786,2 (зима) до 1058,9 мг/л (лето); а в устье реки минерализация в течение года меняется от 956,0 (весна) до 1227,4 мг/л (осень). Сравнение приведенных данных, а также сведений по содержанию главных ионов показывает, что в воде р. Кура наблюдается повышенное содержание не только величины минерализации, но и концентраций ионов магния, натрия, калия, хлора и сульфата. Основной причиной изменения химического состава воды являются антропогенные факторы. Коллекторно-дренажные воды, минерализация которых составляет 1–35 г/л, а также возвратные воды, попадая в реку, не только увеличивают минерализацию воды, но также обуславливают изменение ее химического состава и качества. Если раньше по химическому составу воды р. Кура в нижних течениях относились к гидрокарбонатным кальциевым, то в настоящее время относятся к сульфатным натриевым. Наиболее значительный положительный тренд отмечается на р. Араз [3]. В пределах Армении р. Араз и ее притоки, увеличивая свой сток за счет сточных вод на 2,1 млн м<sup>3</sup> в сутки, подвергаются жесточайшему загрязнению.

Особенно интенсивно используются воды р. Габырры. В настоящее время р. Габырры не доносит своих вод до Мингечаурского водохранилища, и только в исключительно многоводные годы в период половодий в русле наблюдается сток. Протекая по территории Грузии, она значительно меняет свою водность и качественный состав. В воде р. Габырры наблюдается не только повышенная минерализация, но и повышенное содержание ионов натрия, калия, а иногда и сульфатов.

Приведенные в табл. гидрохимические данные указывают на существенное влияние сбрасываемых сточных вод на химический состав речных вод.

Предприятиями г. Агдаша в р. Турианчай ежегодно сбрасывается около 230 тыс. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод. Вследствие этого вниз по течению, после сброса сточных вод в р. Турианчай, наблюдается резкое увеличение показателей загрязнения. Так, если выше сброса сточных вод в рассматриваемой реке содержание хлор- и сульфат-ионов обычно колеблется в пределах 3–7 и 40–50 мг/л, то ниже сброса сточных вод оно достигает, соответственно, 6–14 и 100–150 мг/л. Такая тенденция наблюдается и в динамике величины минерализации; так, ее величина повышается от 300–400 (выше сброса сточных вод) до 400–500 мг/л (ниже сброса сточных вод).

Значительному антропогенному воздействию подвержена также и р. Геокчай, в нее в течение года сбрасывается без очистки свыше 150 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод. В результате в воде указанной реки ниже сброса сточных вод отмечается значительный рост содержания хлор-иона: от 2–5 (выше источников загрязнения) до 17 мг/л (ниже источников загрязнения), сульфат-иона: от 50–60 до 150–170 мг/л и величины минерализации – от 250–300 до 420–550 мг/л. Здесь также наблюдается резкое увеличение содержания алюминия, железа и марганца.

Организованного сброса сточных вод в р. Алджиганчай нет, однако в эту реку поступают хозяйственно-бытовые сточные воды ряда мелких населенных пунктов, расположенных вдоль нее. После этого в воде указанной реки заметно увеличивается содержание таких косвенных показателей загрязнения, как сульфат-иона (на 90–110%) и хлор-иона (на 50–60%), а величина минерализации повышается на 15–20%.

Наиболее существенному антропогенному воздействию подвержена р. Кудиялчай, протекающая в пределах Самур-Дивичинской низменности. В нее предприятиями г. Кубы ежегодно сбрасывается около 1400 тыс. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод, а в районе г. Хачмаса – свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> хозяйственно-бытовых сточных вод. После организованного сброса сточных вод предприятиями

г. Хачмаса в р. Кудиалчай качество воды данной реки резко ухудшается. Ниже источников загрязнения (г. Хачмас) в воде р. Кудиалчай содержание хлор-иона достигает 19 мг/л (при фоновом содержании для г. Хачмаса в 6–7 мг/л), сульфат-иона – до 150 мг/л (фоновое содержание 100–120 мг/л), а величина минерализации возрастает от 350–400 (фоновый створ) до 450–700 мг/л (в створе ниже сброса сточных вод).

Среди рек Нахичеванской АР наибольшему изменению гидрохимического режима подвержена р. Нахичеванчай. В нее за одни сутки сбрасывается около 47 тыс. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод. Это способствует заметному росту минерализации (на 20%) и содержания главных ионов (40–80%) в воде р. Нахичеванчай вниз по течению.

Таким образом, на территории Азербайджана антропогенные факторы оказывают значительное влияние на количественный и качественный состав речных вод, приводя к глубоким изменениям в гидрохимическом режиме исследуемых рек.

### **Заключение**

1. Гидрохимический режим рек Азербайджана характеризуется: а) небольшими средними многолетними изменениями; б) тесными связями  $C = f(Q)$  для кальция, магния, гидрокарбонат-иона и минерализации, которые могут быть аппроксимированы уравнениями степенной и гиперболической зависимостей.

2. Изменения концентраций главных ионов трансформируются во времени в результате хозяйственной деятельности человека с середины – конца 60-х гг. При этом наблюдается уменьшение тесноты связей  $C = f(Q)$  и преобразование их вида.

3. Наибольшее увеличение концентрации (от 200 до 600%) наблюдается при этом для хлор- и сульфат-ионов, натрия и калия; минерализация воды возрастает на 25–55%. Значительно (в 9 раз) увеличивается также концентрация хлор- и сульфат-ионов, натрия и калия.

4. Для оценки антропогенного воздействия на концентрации главных ионов продолжительность наблюдений для рек исследуемого региона должна быть не менее 45–50 лет.

### **Литература**

1. Абдуев М. А. Изменение гидрохимического режима горных рек Азербайджана под воздействием антропогенных факторов // III Междунар. науч. конф. «Восстановление нарушенных природных экосистем». Донецк, 2008. С. 30–33.
2. Абдуев М. А. Исследование ионного стока горных рек Азербайджана // Известия РГО. 2009. Т. 141, вып. 1. С. 72–76.
3. Абдуев М. А. Охрана от загрязнения трансграничных водных ресурсов Азербайджана // Материалы V Междунар. конф. «Стратегия качества в промышленности и образовании». Варна (Болгария), 2009. С. 9–12.
4. Гидрохимический бюллетень ГГМ по окружающей среде 1995–2008 гг.
5. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 1950–1994 гг. Ч. 1: Реки.

## **ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО**

**Н. В. Крутских, М. В. Кричевцова**

*Институт геологии КарНЦ РАН*

### **Введение**

Озеро Четырехверстное расположено на юго-восточной окраине г. Петрозаводска (61°47' с. ш., 34°21' в. д., абс. отм. 105 м), в пределах холмистой моренной равнины [3]. Питание озера осуществляется за счет атмосферных осадков, поверхностного стока и подземных вод; разгрузка происходит в ручей Каменный. Вопросы питания и разгрузки озера являются малоизученными и для гидрогеологов представляют значительный интерес. Озеро имеет неправильную овальную форму, слегка вытянутую с северо-запада на юго-восток. Максимальная длина озера примерно 650 м, наибольшая ширина около 270 м.

С северо-западной и юго-западной стороны озеро окружает небольшой лесной массив, пересекаемый с запада-юго-запада Октябрьской железной дорогой, с юго-восточной стороны проходит узкоколейная железная дорога. С северо-восточной стороны к озеру прилегает гражданская застройка. До 90-х гг. XX в. на северо-восточном берегу находилась фабрика валяльно-войлочного производства, длительное время все жидкие отходы этой фабрики поступали в озеро. В летнее время отмечается высокая антропогенная нагрузка на данную территорию в виде использования озера Четырехверстного и ручья Каменного для помывки автомобилей горожанами. Русло ручья практически по всему течению загрязнено ТБО.

В связи с высокой сорбционной способностью донные отложения могут рассматриваться как интегральный индикатор техногенной нагрузки на озеро и его водосбор. Они показывают среднее загрязнение за длительный промежуток. Химический состав донных отложений водных бассейнов играет существенную роль в определении состояния водных экосистем и здоровья человека [5].

### Материалы и методы

С целью геоэкологической оценки состояния водоема по берегу озера и по течению вытекающего из него ручья Каменного были отобраны пробы воды и донных отложений для определения их микроэлементного состава. Пробы донных отложений отбирались в среднем на расстоянии одного метра от берега, по всему периметру озера. В исследованных образцах донных осадков отмечается преобладание илистого материала.

Лабораторные испытания проб воды и донных отложений на химический анализ проведены в аналитической лаборатории Института геологии КарНЦ РАН методом ICP-MS.

### Результаты и обсуждение

Анализ химического состава поверхностных вод показал, что концентрация тяжелых металлов находится в пределах нормы и не превышает ПДК. Исключение составляет Mn и Fe, содержание которых в некоторых пробах составляют 1,2–1,8 ПДК, пространственно они относятся к северо-западной части озера.

По полученным данным микроэлементного состава отобранных проб донных отложений определен коэффициент опасности ( $K_0$ ), который представляет собой отношение концентрации контролируемых веществ в донных отложениях к их ПДК (ГН 6229-91). Также установлен уровень загрязнения водоема каждым элементом в соответствии с его классом опасности [2]. Анализ полученных данных показал, что самыми распространенными загрязнителями являются As, Pb, Zn, Cu, Sb, Mn. Содержание этих элементов в донных отложениях превышает ПДК от 1 до 20,5 раза (табл. 1).

Таблица 1

**Коэффициенты опасности химических элементов ( $K_0$ ) в пробах оз. Четырехверстного**

№ пробы	As	Pb	Zn	Cu	Sb	Mn
0	11,68	4,36	3,61	1,57	0,78	0,62
1	20,26	1,62	9,51	2,86	0,32	0,35
2	6,74	1,07	1,42	0,91	0,25	0,57
3	12,00	2,07	2,66	3,79	0,51	3,28
4	16,78	1,73	1,95	1,78	0,44	2,19
5	11,20	1,11	0,77	0,85	0,31	1,13
6	20,54	14,62	5,39	2,32	1,00	1,61
7	8,48	1,08	2,98	1,31	0,43	3,23
8	12,57	1,10	1,47	1,26	0,32	0,91
9	12,56	1,17	1,50	0,88	0,30	2,79
10	15,37	1,37	1,96	1,43	0,40	1,05
11	4,06	1,06	1,29	0,84	0,54	18,87
12	3,46	0,95	1,74	0,98	0,59	15,15
Среднее	11,98	2,56	2,79	1,6	0,48	3,98

Наиболее высокий уровень загрязнения выявлен среди элементов первого класса опасности (As, Pb, Zn) практически в каждой пробе для данных элементов  $K_0 > 1$  (табл. 2).

Уровни загрязнения донных отложений для элементов разных классов опасности

Уровень загрязнения	1 класс опасности				2 класс опасности			3 класс опасности	
	K <sub>0</sub>	As, кол-во проб	Pb, кол-во проб	Zn, кол-во проб	K <sub>0</sub>	Cu, кол-во проб	Sb, кол-во проб	K <sub>0</sub>	Cu, кол-во проб
Очень высокий	>3	13	2	3	>5	–	–	>10	2
Высокий	От 2 до 3	–	1	2	От 3 до 5	1	–	От 5 до 10	–
Средний	От 1,5 до 2	–	2	4	От 2 до 3	7	–	От 3 до 5	2
Низкий	От 1 до 1,5	–	7	4	От 1 до 2	–	1	От 1 до 3	5
Минимальный	<1	–	1	–	<1	5	12	<1	4

Самым распространенным загрязнителем донных отложений оз. Четырехверстного является мышьяк. Во всех пробах отмечается превышение по ПДК от 3 до 20,54 раза, что характеризует уровень загрязнения по данному элементу как «очень высокий» (рис. 1, а). Высокий уровень загрязнения ( $K_0 > 15$ ) наблюдается в пробах, взятых с северо-западного, северо-восточного берега озера, вдоль которого находятся здания бывшего валяльно-войлочного комбината и жилые постройки. На остальных берегах озера  $K_0$  варьирует от 10 до 15. Невысокий  $K_0$  (от 3 до 5) отмечен в пробах, взятых из области питания (проба № 2) и области разгрузки (пробы № 7, 11). В пробах, взятых из ручья Каменного, концентрация As снижается с удаленностью от озера. Средние концентрации мышьяка в почвах в пределах г. Петрозаводска и прилегающих территорий составляют примерно 6,4 и являются повышенными относительно нормирующих показателей и кларковых значений. Это позволяет определить природный характер источников поступления мышьяка в объект исследования. Донные отложения озера являются локальным геохимическим барьером на пути миграции соединений мышьяка, что в значительной мере обусловлено высоким содержанием органического вещества, связывающим его в труднорастворимые формы.

Загрязнение донных отложений цинком относится к «высокому» уровню, так как средний  $K_0$  по всем пробам равен 2,74. Наибольшая нагрузка приходится на северо-западный и северо-восточный берег озера, где в среднем уровень загрязнения характеризуется как «очень высокий» ( $K_0 = 3,62$ ) (рис. 1, б). Высокий уровень содержания цинка в компонентах природной среды определяют его активной миграционной способностью.

Уровень загрязнения донных отложений по свинцу также относится к «высокому» (средний  $K_0 = 2$ ). Наибольшее содержание свинца ( $K_0$  от 2 до 14,6) приурочено к северо-северо-восточному (пробы № 0, 6) и северо-западному берегу (проба № 3) озера. Пробы на юго-западном, юго-восточном берегу, а также по течению ручья Каменного характеризуется «низким» уровнем загрязнения (рис. 1, с).

Из данных загрязняющих элементов, относящихся ко второму классу опасности (Cu, Sb), наибольший уровень загрязнения у меди. В большей части проб он отмечен значениями  $K_0$  от 1 до 3,5, но в целом характеризуется как низкий (средний  $K_0 = 1,6$ ). Высокие  $K_0$  отмечаются в пробах на северном, северо-восточном (пробы № 0, 1, 6) и северо-западном берегу озера (№ 3) (рис. 2, а).

Загрязнение сурьмой на исследуемой территории в целом «минимальное» и имеет незначительное превышение только по одной пробе № 6, находящейся возле свалки отходов валяльно-войлочной фабрики (рис. 2, б).

Содержание марганца – элемента, относящегося к третьему классу опасности, – по оз. Четырехверстному характеризуется низким уровнем загрязнения (средний  $K_0 = 1,61$ ) (рис. 3). Пробы, отобранные ниже по течению ручья Каменного, отмечаются высоким  $K_0$ , равным 18,8 и 15,1 (пробы № 11, 12), по уровню загрязнения относятся к «очень высокому».

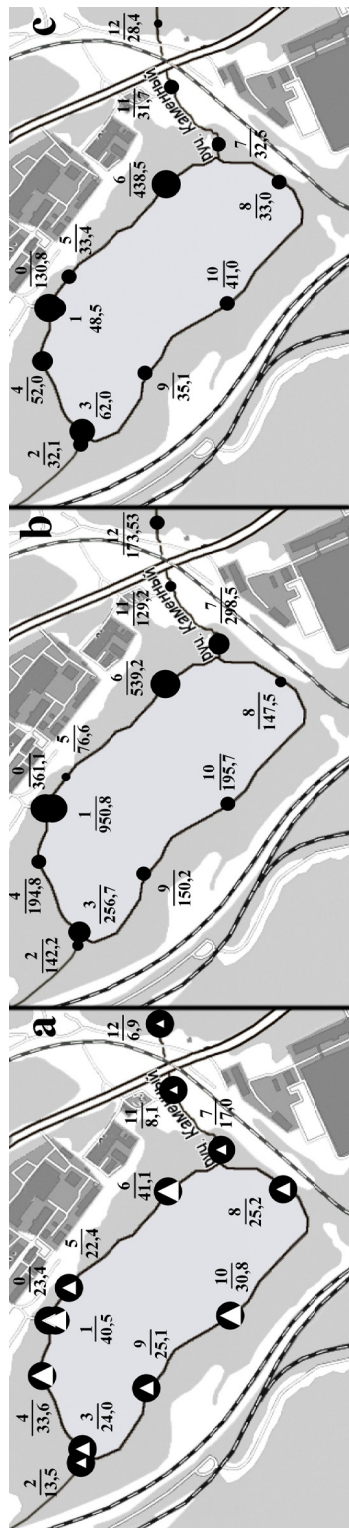
В целом наибольшее загрязнение тяжелыми металлами по донным отложениям наблюдается по северо-западному берегу озера, вдоль которого расположены здания бывшей валяльно-войлочной фабрики и жилые застройки. Минимальный уровень загрязнения практически по всем элементам характерен для юго-западного, юго-восточного берега озера, окруженного лесным массивом.

В связи с поликомпонентностью зон техногенного загрязнения для их характеристики используется суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ), рассчитываемый по формуле:

$$Z_c = \sum K_0 - (n - 1),$$

где  $K_0$  – коэффициент опасности элемента в пробе,  $n$  – количество элементов, превышающих предельно допустимые значения [5].

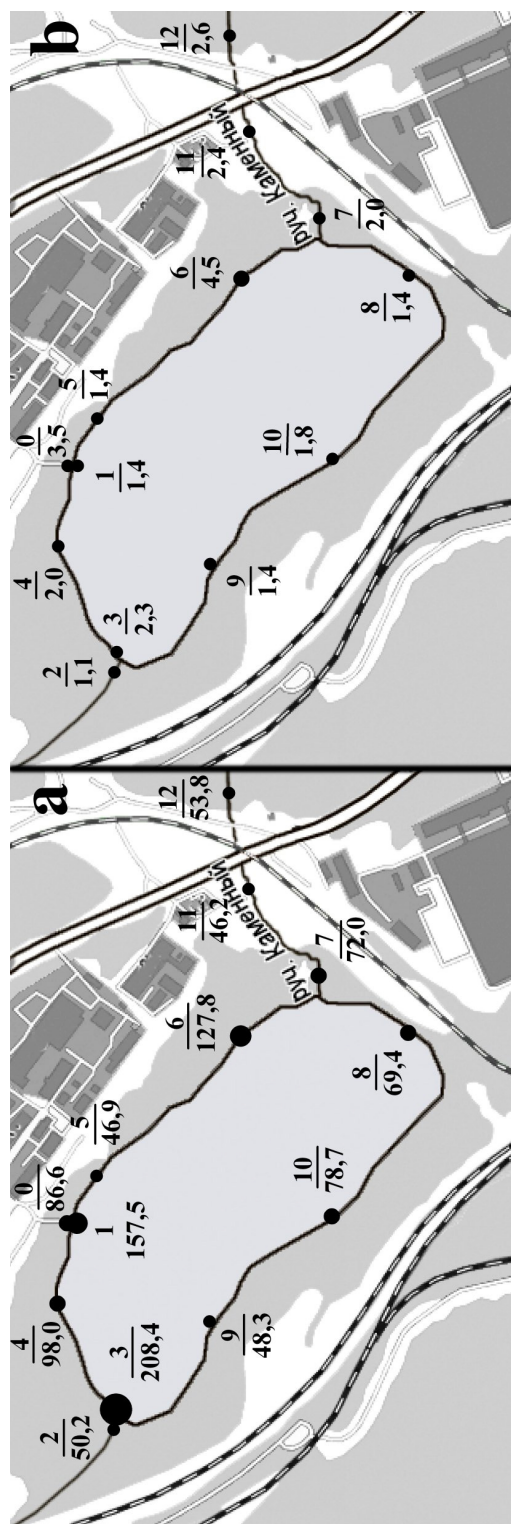




• 1 • 2 • 3 • 4 • 5    △ 6 △ 7 △ 8 △ 9 △ 10

Рис. 1. Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного элементами первого класса опасности:

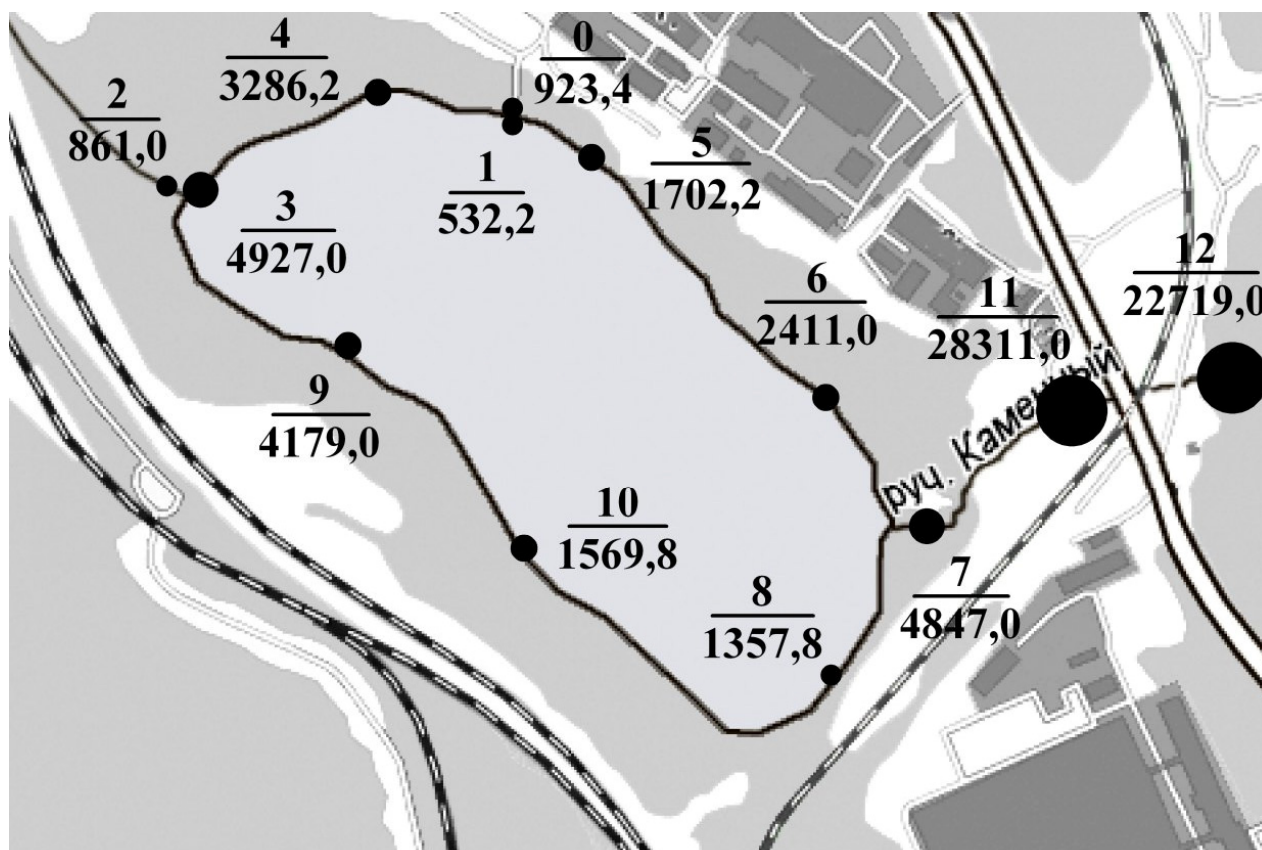
а – As, б – Pb, в – Zn. Уровни загрязнения: 1 – очень высокий,  $K_0 > 3$ ; 2 – высокий,  $2 < K_0 < 3$ ; 3 – средний,  $1,5 < K_0 < 2$ ; 4 – низкий,  $1 < K_0 < 1,5$ ; 5 – минимальный,  $K_0 < 1$ ;  $K_0$  для As: 6 –  $3 < K_0 < 5$ ; 7 –  $5 < K_0 < 10$ ; 8 –  $10 < K_0 < 15$ ; 9 –  $15 < K_0 < 20$ ; 10 –  $K_0 > 20$ . Цифра в числителе – номер пробы, в знаменателе – содержание элемента в пробе, мг/кг



• 1 • 2 • 3 • 4

Рис. 2. Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного элементами второго класса опасности:

а – Cu, б – Sb. Уровни загрязнения: 1 – очень высокий,  $K_0 > 5$ ; 2 – высокий,  $3 < K_0 < 5$ ; 3 – средний,  $2 < K_0 < 3$ ; 4 – низкий,  $1 < K_0 < 2$ ; 5 – минимальный,  $K_0 < 1$ . Цифра в числителе – номер пробы, в знаменателе – содержание элемента в пробе, мг/кг



● 1 ● 2 ● 3 ● 5

**Рис. 3. Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного элементами третьего класса опасности:**  
уровни загрязнения: 1 – очень высокий,  $K_o > 10$ ; 2 – высокий,  $5 < K_o < 10$ ; 3 – средний,  $3 < K_o < 5$ ; 4 – низкий,  $1 < K_o < 3$ ; 5 – минимальный,  $K_o < 1$ . Цифра в числителе – номер пробы, в знаменателе – содержание элемента в пробе, мг/кг

Полученные значения сопоставлены с ориентировочно-оценочной шкалой опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (МУ 2.1.7.730-99), в соответствии с которой опасной считается величина свыше 32 условных единиц (табл. 3).

Таблица 3

**Оценка экологической обстановки по суммарному показателю загрязнения**

Zc	Уровень загрязнения	Оценка экологической обстановки	Количество соответствующих проб
>8	Минимальный	Относительно удовлетворительная	1
От 8 до 16	Слабый		4
От 16 до 32	Средний	Напряженная	7
От 32 до 128	Высокий	Критическая	1
>128	Максимальный	Катастрофическая	–

Самый высокий суммарный показатель загрязнения, составляющий 40,48, отмечен в пробе № 6, взятой вблизи свалки твердых отходов фабрики валяльно-войлочного производства. Низкий суммарный показатель загрязнения, равный 7,23, в пробе № 2, взятой в ручье, питающем озеро. В большинстве отобранных проб суммарный показатель загрязнения варьирует от 16 до 32, что соответствует среднему уровню загрязнения и напряженной экологической обстановке. Средний показатель суммарного загрязнения донных отложений озера также находится в этих пределах и составляет 19,07.

## Заключение

Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного, в основном, носит техногенный характер, связанный с близостью расположения бывших промышленных объектов, городской застройки, железнодорожного полотна. Однако загрязнение по As носит природный характер и связано с особенностями геологического строения и составом почвообразующих пород. Повышенные концентрации Mn, Zn, Pb, отмеченные, как правило, по течению ручья Каменного, свидетельствуют о влиянии автомобильной и железной дорог, пересекающих водоток.

## Литература

1. ГН 6229-91 «Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве». М., 1991.
2. Головин А. А., Самаев С. Б., Соколов Л. С. Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий // Прикладная геохимия. Вып. 7. М., 2008. С. 289–299.
3. Лаврова Н. Б. Некоторые особенности состава спорово-пыльцевых спектров позднеледниковых отложений Олонецкого плато // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 184.
4. МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест», Минздрав России. М., 1999.
5. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина и др.; Под ред. В. Т. Трофимова. М., 2000. 432 с.

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЙОНА КОСТОМУКШИ ПО КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД

Н. Е. Кулакова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

На сегодняшний день существует достаточно много подходов к оценке загрязненности водных объектов, ряд которых был ранее рассмотрен и практически применен к конкретному водному объекту – к системе р. Кенти [3]. Оценить состояние того или иного водоема также можно с исполь-

зованием кратности разбавления сточных вод:  $K_{\text{разб}} = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\text{фон}}}{C_{\text{набл}} - C_{\text{фон}}}$ , где  $C_{\text{ст}}$  – концентрация приори-

тетного консервативного вещества в сточной воде,  $C_{\text{фон}}$  и  $C_{\text{набл}}$  – его фоновая и наблюдаемая концентрация в водном объекте.

С использованием этого показателя рассмотрено загрязнение системы р. Кенти, принимающей техногенные воды Костомукшского ГОКа (ОАО «Карельский окатыш»), характеризующиеся высоким содержанием минеральных веществ. Определенную сложность представляет выбор консервативных химических показателей, по которым возможен расчет. Для этих целей подходят только те компоненты, концентрация которых в сточных водах существенно отличается от их концентрации в природных водах.

### Определение средневзвешенного состава техногенных вод

Ввиду того что концентрации калия и сульфатов в техногенных водах Костомукшского ГОКа значительно превышают природные (содержание калия в 300 раз, сульфатов – 100 раз), их можно считать приоритетными консервативными химическими показателями и по их содержанию судить о разбавлении техногенных вод в системе р. Кенти. Поскольку в систему поступает четыре вида техногенных вод, то прежде чем оценить их разбавление, необходимо определить их средневзвешенный состав (табл. 1) по формуле:  $C_{\text{ср}} = \sum C_i \rho_i$ , где  $C_i$  – концентрация компонента,  $\rho_i$  – доля водного притока.

С использованием данных по среднемноголетнему притоку в озера системы р. Кенти и по средневзвешенным концентрациям  $K^+$  и  $SO_4^{2-}$  в техногенных водах (табл. 1) были рассчитаны концентрации этих компонентов в водоемах системы (табл. 2) по указанной выше формуле. Сравнение полученных результатов с натурными данными (табл. 2) показало хорошую сходи-

мость расчетных и наблюдаемых концентраций, что в свою очередь подтверждает достоверность средневзвешенного состава техногенных вод.

Таблица 1

**Среднегодовое содержание калия и сульфатов в техногенных водах, поступающих в систему р. Кенти, и их объем**

Объект	V, млн м <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> , мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л
Воды хвостохранилища	13,1	128,7	132,5
Фильтрационные воды	2,0	157,1	276,8
Северо-западный канал	8,0	27,0	55,9
Южный канал	15,5	37,4	90,0
	38,6	Средневзвешенные концентрации	
		73,1	108,9

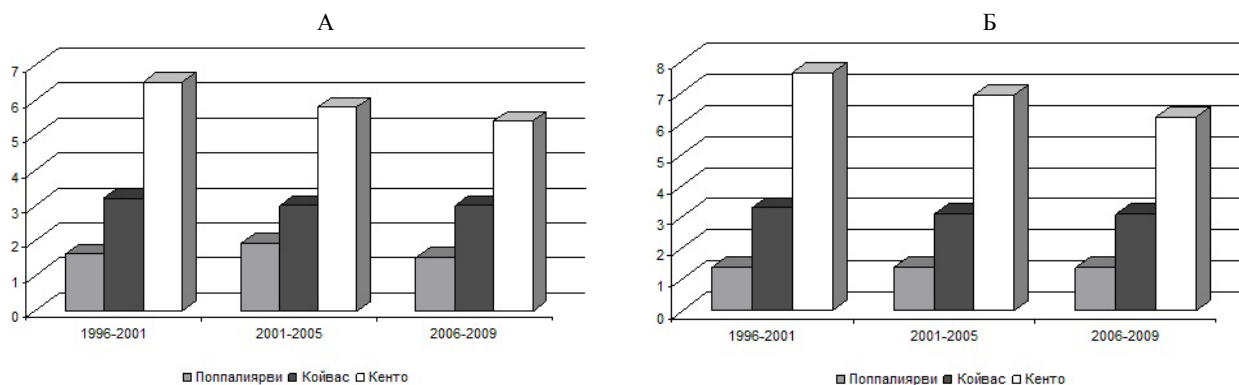
Таблица 2

**Средневзвешенный состав воды озер и объем притока с их водосбора за вычетом техногенных вод (38,6 млн м<sup>3</sup>) [5]**

Озеро	Приток с водосбора, млн м <sup>3</sup> /год	Калий, мг/л		Сульфаты, мг/л	
		расчетная	наблюдаемая	расчетная	наблюдаемая
Окуневое	0,8	83,0	80,4	119,7	127,2
Поппалляярви	18,2	47,7	48,2	77,9	81,8
Койвас	76,4	25,1	25,3	38,9	39,6
Кенто	151,4	15,0	15,2	23,9	23,8

### Разбавление техногенных вод в системе р. Кенти

На основании полученных данных по средневзвешенному составу техногенных вод проведена оценка загрязнения водоемов системы р. Кенти по кратности их разбавления. При этом особое внимание было уделено зимнему сезону, когда наблюдается максимальное накопление техногенных вод в нижних озерах системы. Для этого весь рассматриваемый промежуток времени (1994–2009 гг.) поделили на три периода: 1994–2001, 2002–2005, 2006–2009 гг. Первый и последний характеризуются довольно стабильным содержанием калия и сульфатов в техногенных водах, в 2002–2005 гг. наблюдался рост их концентраций. Для каждого из периодов рассчитывался средневзвешенный состав техногенных вод и по нему определялась кратность их разбавления (рис. 1).



**Рис. 1. Кратность разбавления техногенных вод по их средневзвешенному составу:**

А – по калию, Б – по сульфатам

На рис. 1 видно, что кратность разбавления техногенных вод в системе р. Кенти на протяжении рассматриваемого периода остается постоянной для одного и того же водоема и в среднем составляет 1,5 для оз. Поппалляярви, 3 – Койвас, 6 – Кенто как по содержанию калия, так и по концентрации сульфатов.

Оз. Ср. Куйто, в которое впадает р. Кенти, подвергается меньшему техногенному влиянию в связи с большим разбавляющим эффектом за счет как собственных водных масс, так и вод оз. В. Куйто, поступающих в устье р. Кенти (рис. 2). Кратность разбавления техногенных вод в оз. Ср. Куйто намного выше, чем в системе р. Кенти. Для оз. Ср. Куйто также отмечено постоянство кратности разбавления техногенных вод для разных периодов, и в среднем ее значение составило 63 – по калию и 98 – по сульфатам.

По своей сути кратность разбавления сточных вод есть величина, обратная их доли в водном стоке ( $K_{разб} = 1/p_{ст}$ ), поэтому, зная последнюю, можно легко вычислить разбавление сточных вод. В нашем случае кратность разбавления, рассчитанная по водному стоку для оз. Койвас, составила 3, для оз. Кенто – 5. Последние значения согласуются с величинами, полученными по содержанию K<sup>+</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, что в свою очередь подтверждает правильность расчета доли техногенных вод.



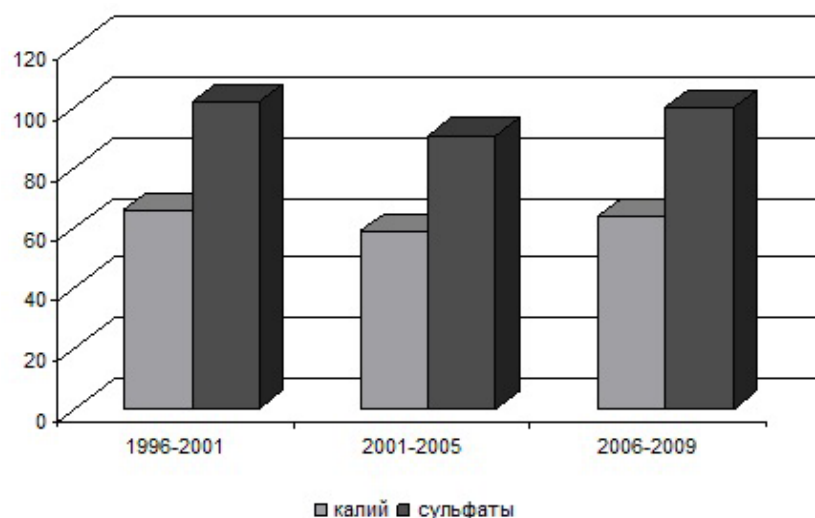


Рис. 2. Кратность разбавления техногенных вод в оз. Ср. Куйто

### Опыты по биотестированию техногенных вод

Проведена серия экспериментов по установлению токсичности техногенных вод Костомукшского ГОКа методом биотестирования [1]. В лабораторных условиях были приготовлены экспериментальные образцы техногенных вод в том соотношении, в котором они поступают в систему р. Кенти (см. табл. 1). В опытах использовали неразбавленные техногенные воды, а также их 2, 5, 10, 20 и 50-кратное разбавления. В качестве тест-объекта был выбран рачок *Ceriodaphnia affinis* (цериодафния). Разбавляющей средой и контролем служила подземная вода, отобранная из источника на территории г. Петрозаводска, на левом берегу р. Неглинка, на ул. Вольной. Ее химический состав вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к контрольным средам в используемой методике [1]. Все опыты ставили в 15 повторностях, в каждый сосуд наливали по 15 мл исследуемой воды, в которую помещали по 1 экземпляру цериодафний. Продолжительность опытов составляла 7 дней.

В результате экспериментов определялось хроническое токсическое действие техногенных вод по двум параметрам: смертности и изменению плодовитости тест-объекта в исследуемой воде по сравнению с контролем. Основанием для заключения о токсичном действии воды служило достоверное отклонение от контроля этих показателей (смертности и плодовитости). Достоверность отличий оценивалась с использованием критериев Фишера и Стьюдента [2].

Согласно проведенным исследованиям, токсическое действие техногенных вод снижается с увеличением их разбавления (табл. 3). При этом максимальная выживаемость наблюдалась при 10-кратном и более разбавлениях (80%), тогда как показатели плодовитости достоверно не отличались от контроля только в образце с пятикратным разведением.

Таблица 3

Выживаемость и плодовитость *Ceriodaphnia affinis* в контрольной среде, техногенных водах и различных их разбавлениях

Вариант	Выживаемость		Плодовитость, экз./самку		
	%	F	M <sub>ср</sub>	m	t
Контроль	100		5,8	0,7	
Неразбавленная вода	13	42,6*	0,7	0,5	5,9*
2-кратное	53	17,1*	2,2	0,6	3,8*
5-кратное	60	14,1*	4,0	0,7	1,8
10-кратное	80	6,5*	2,7	0,8	2,8*
20-кратное	80	6,5*	2,1	0,8	3,5*
50-кратное	67	11,2*	3,1	1,0	2,2*

Примечание. \* – отличие от контроля достоверно ( $p = 0,05$ ).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что техногенные воды могут оказывать токсическое действие на живые организмы системы р. Кенти.

## **Заключение**

Разбавление техногенных вод в системе р. Кенти закономерно возрастает от верхних к нижним озерам и сохраняется на одном уровне в многолетнем плане. Кратности разбавления техногенных вод в водоемах системы р. Кенти, полученные по содержанию  $K^+$  и  $SO_4^{2-}$ , согласуются с рассчитанными по водному стоку. Показатель разбавления техногенных вод является информативным, и его следует учитывать при нормировании допустимого сброса сточных вод, согласно методическим рекомендациям [4].

## **Литература**

1. Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. М., 2001. 52 с.
2. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Основы биометрии: введение в статистический анализ биологических явлений и процессов. Петрозаводск, 1992. 168 с.
3. Лозовик П. А., Кулакова Н. Е. Оценка загрязнения водных объектов с использованием различных методических подходов на примере системы р. Кенти // Материалы науч.-практ. конф. с международным участием «Современные фундаментальные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России» (Азов, 8–10 июня 2009 г.). Ч. 2. Ростов-на-Дону, 2009. С. 75–78.
4. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные среды для водопользователей. МПР России от 17.12.2007. 41 с.
5. Пальшин Н. И., Сало Ю. А., Кухарев В. И. Влияние Костомукшского ГОКа на экосистему р. Кенти. Гидрологические и гидрохимические аспекты // Исследование и охрана водных ресурсов бассейна Белого моря (в границах Карелии). Петрозаводск, 1994. С. 140–161.

## **КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ПРИМЕСИ В ВОДНОМ ОБЪЕКТЕ**

**А. А. Минина**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

### **Введение**

В современном мире особую остроту приобрели экологические проблемы. Экологическая ситуация в начале XXI в. во всем мире, во многих регионах и странах продолжала ухудшаться. Современные процессы связаны прежде всего с увеличением интенсивности воздействия человека на природную среду, здесь уместно вспомнить слова А. И. Герцена о том, что «природа не может перечь человеку, если человек не перечит ее законам».

Водные объекты не остаются в стороне. Уровень воздействия на них растет с каждым днем. В связи с тем что полностью устранить загрязнение невозможно, встает вопрос об экологическом мониторинге состояния водных объектов. Подходов к мониторингу существует огромное множество. Мониторинг водного объекта с измерениями во всех заданных точках требует  $N$  замеров. Рассмотрим подход осуществления мониторинга водного объекта, базирующийся на ограниченном числе измерений, для одного источника – измерения концентраций необходимо произвести в трех местах отбора проб, с оценкой характеристик источника и области его влияния, регулярности проведения мониторинга для оценки и прогнозирования состояния исследуемого объекта. Модель динамического поля концентраций примеси загрязняющих веществ (ЗВ) в водном объекте [3], основывающаяся на косвенных измерениях характеристик источника примеси, позволяет существенно сократить число измерений и спрогнозировать динамику примесей, поступающих или имеющихся в водном объекте, в пространственно-временной области [2].

Прежде всего требуется обоснованно выбрать модель поля концентраций водного объекта (объекта мониторинга) [4]. При этом, безусловно, необходимы консультации с экспертами в области гидрологии и экологии. Сразу следует оговориться: задачи и методы специалистов-гидрологов и задачи метрологов коренным образом отличаются друг от друга: для гидрологов основным является корректное, максимально приближенное к реальности описание самого водного



объекта и поля распространения концентраций с выяснением и подсчетом соответствующих коэффициентов и параметров; для метрологов же основное – опираясь на модели и данные, полученные гидрологами при описании водного объекта и поля концентраций, с помощью ограниченного числа измерений осуществить мониторинг водного объекта и оценить точность получаемых результатов.

### Материалы и методы

В ходе работы с литературой [2–4 и др.], консультаций с экспертами, математиками была выбрана двумерная модель движения жидкости из теории «мелкой воды» [3] и двумерное уравнение распространения примесей в мелкой воде [4].

Двумерное диффузионное уравнение распространения примесей в мелкой воде имеет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial CU}{\partial x} + \frac{\partial CV}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} K_X \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_Y \frac{\partial C}{\partial y} + \Psi + R \quad (1)$$

где  $U, V$  – компоненты скорости течения;  $C = c * H$  – интегральная по глубине концентрация;  $c$  – средняя по глубине концентрация;  $H = h + \xi$  – возмущенная глубина;  $h$  – глубина;  $\xi$  – возмущение уровня свободной поверхности;  $K_X, K_Y$  – коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии.

В уравнение дополнительно включены два члена:  $\Psi$  – функция внешнего источника примеси;  $R$  – член, описывающий неконсервативность примеси (рассматриваются консервативные примеси, т. е. данным членом будем пренебрегать).

В качестве начальных условий для уравнения турбулентной диффузии может выбираться поле фонового распределения концентрации. Граничными условиями для уравнения (1) является условие неизменности концентрации по нормали к берегу. На жидкой границе – либо  $C_\Gamma = const$  при потоке внутрь области, либо  $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$  при потоке из области. Пусть в рассматриваемой области есть

точечный непрерывно действующий внешний источник примеси, описываемый функцией  $\Psi$ .

Помимо точечного источника на рассматриваемый участок акватории возможно воздействие: сточных (с/х) вод, сбросы балластных вод с судов и другие виды загрязнений данного участка.

При наличии данных о составляющих полных потоков  $U$  и  $V$  и имея физически обоснованную параметризацию  $K_X$  и  $K_Y$ , можно получить решение уравнения (1) численным методом.

$$C_{ij}^{n+1} = -\Delta t \cdot \left[ U \cdot \frac{C_{i,j} - C_{i-1,j}}{\Delta x} + V \cdot \frac{C_{i,j} - C_{i,j-1}}{\Delta y} \right] + \Delta t \cdot \left[ K_X \cdot \frac{C_{i+1,j} - C_{ij} + C_{i-1,j}}{\Delta x^2} + K_Y \cdot \frac{C_{ij+1} - C_{ij} + C_{ij-1}}{\Delta y^2} \right] + \Delta t \cdot [\Psi]^n + [C_{i,j}]^n \quad (2)$$

где  $C_{ij}^{n+1}$  – массив концентраций в момент времени  $n+1$ ;  $[C_{ij}]^n = [c_{ij} \cdot H_{ij}]^n$  – измеренный (известный) интегральный по глубине массив концентраций в момент времени  $n$ ;  $c_{ij}$  – средний по глубине массив концентраций;  $\Delta t$  – шаг по времени (продолжительность  $n$ -го момента времени);  $\Delta x$  – шаг по оси  $x$  (размер ячейки по оси  $x$ );  $\Delta y$  – шаг по оси  $y$  (размер ячейки по оси  $y$ );  $U, V$  – компоненты скорости течения;  $H_{ij} = h_{ij} + \xi_{ij}$  – возмущенный массив глубин;  $h_{ij}$  – массив глубин;  $\xi_{ij}$  – массив возмущений уровня свободной поверхности;  $K_X, K_Y$  – коэффициенты турбулентной диффузии.

Чаще всего в литературе приводится формула (2), данные по расходу примеси в источнике, концентрациям и др.

Будем ориентироваться на то, что сложнее всего измерить на практике, на наш взгляд, это интенсивность эквивалентного источника примеси. Определение интенсивности эквивалентного источника примеси, а также его местоположения возможно на основе решения системы из трех аналитических выражений следующего вида [5]:

$$c(x, y, t) = \frac{H_0 \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Psi}{4 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{K_x \cdot K_y}} \exp\left[-\frac{x^2}{4K_x t} - \frac{y^2}{4K_y t}\right] \quad (3)$$

где  $r$  – расстояние до источника загрязнения [1];  $(x, y)$  – искомые координаты источника;  $H_0$  – глубина в точке расположения источника;  $\Delta x, \Delta y$  – размеры источника; площадь ячейки, по которой «размазан» источник;  $C_{ист}$  – концентрация примеси в воде источника.

Уравнение (3) применимо при условии, что в уравнении «мелкой воды» отсутствуют члены, ответственные за конвективный перенос загрязняющих веществ, и оно основывается на аналитических решениях, представленных в книге Р. В. Озмидова «Диффузия примесей в океане» [5].

Если учитывать течения водного объекта (наличие конвективных членной в уравнении мелкой воды) аналитическое решение запишется следующим образом:

$$c(x, y, t) = \frac{H_0 \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Psi}{4 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{K_x \cdot K_y}} \exp\left[-\frac{(x - Ut)^2}{4K_x t} - \frac{(y - Vt)^2}{4K_y t}\right]. \quad (4)$$

Для решения системы из трех уравнений типа (3) или (4) необходимо провести вспомогательные измерения концентраций загрязняющего вещества в трех точках на рассматриваемом участке водного объекта. На базе измеренных значений, а также условий моделирования будем вычислять интенсивность эквивалентного источника примеси и его местоположение.

Таким образом, после вычисления на основе уравнения (4) интенсивности эквивалентного источника примеси, его местоположения и сопоставления его с экспериментально известными данными по конкретному источнику оценим правомерность применения модели.

Оценить влияние внешних факторов возможно, если исходные вычисления (без учета погрешностей) принять за идеальные, а затем, учитывая погрешности измерения различных характеристик (концентрации, скорости течений и др.), проследить, как они влияют на конечный результат моделирования, в сравнении с идеальным вариантом.

### Результаты и обсуждение: выбор подхода к измерениям

При такой постановке задачи будем иметь итеративные измерения, которые характеризуются построением измерительной процедуры в виде последовательно выполняемых циклов, в каждом из которых используется либо входное воздействие, либо входное воздействие, формируемое на каждой итерации [6].

Распишем состав априорных знаний (АЗ) для рассматриваемой задачи:

$$AZ = (\lambda_j = f\gamma_j, M_\gamma, M_y, \{M_{ui}\}_{i=1}^m, \Theta(\Delta\lambda_j^*), P_{mp}), \quad (5)$$

где  $\gamma_j$  – входные воздействия в измерительном эксперименте: измеренные значения концентраций;  $f$  – модель, функция, положенная в основу прогнозирования распространения концентраций, формула (2);  $\lambda_j^*$  – результаты измерений концентраций;  $\lambda_j$  – вычисляемые значения концентраций;  $M_\gamma$  – модель входных воздействий;  $M_y$  – модель условий измерения;  $\{M_{ui}\}_{i=1}^m$  – совокупность средств измерения;  $\Theta(\Delta\lambda_j^*)$  – вероятностные характеристики;  $P_{mp}$  – предъявляемые требования и наложенные ограничения.

В модель входных воздействий ( $M_\gamma$ ) будем включать значение интенсивности эквивалентного источника примеси, определенное в результате вспомогательных косвенных измерений ( $\Psi_{kl}$ ), и координаты его местоположения.

Таким образом, модель входных воздействий может быть представлена в следующем виде:

$$M_\gamma = (\{\Psi_{kl}\}, x_0, y_0), \quad (6)$$

Модель условий измерения ( $M_y$ ) будет включать: коэффициенты турбулентной диффузии ( $K_x, K_y$ ), определенные для рассматриваемой области моделирования, фоновые концентрации примеси ( $C_f$ ), шаги по времени, по осям  $x$  и  $y$  ( $\Delta t, \Delta x, \Delta y$ ); массив глубин ВО ( $h_{ij}$ ), скорости компонент полных потоков и возмущения свободной поверхности.

Скорости компонент полных потоков и возмущения свободной поверхности определяются из системы уравнений, описывающей гидродинамику мелкой воды [3]. Решение данной системы также находится методом конечных разностей. Обобщая, модель условий измерения можно записать следующим образом:

$$M_y = (U, V, \xi, K_x, K_y, C_f, \Delta t, \Delta x, \Delta y, h_{ij}). \quad (7)$$

Измеряемыми величинами в рассматриваемой на данный момент задаче будут концентрации примесей. Измерения будут производиться на различных глубинах в определенных точках рассматриваемой области. И на «вход» аналитических уравнений (3) или (4) будут подаваться усредненные по глубине концентрации, с учетом погрешности измерения. Таким образом, будем иметь многократные вспомогательные измерения концентраций с усреднением по глубине.

С учетом описанных априорных знаний, на первой итерации осуществляются вспомогательные измерения концентраций на рассматриваемом участке водного объекта, косвенные измерения интенсивности эквивалентного источника примеси и его местоположения (9):

$$C_{ij}^* = R_n \dots R_1 C_{ij}, \quad (8)$$

$$\Psi_{kl}^* = F(C_{ij}^*), \quad (9)$$

где  $R_n \dots R_1$  – измерительные преобразования (например, усреднение концентраций по глубине) [6];

$\Psi_{kl}^*$  – интенсивность эквивалентного источника примеси;  $F$  – функция (9), положенная в основу косвенных измерений интенсивности и координат источника.

На второй итерации осуществляются косвенные измерения, которые основываются на экстраполяции измеренных концентраций в малом числе точек на пространственно-временной участок.

$$C_{ij}^{n+1*} = f(\Psi_{kl}^*, x_0, y_0), \quad (10)$$

где  $f$  – функция, положенная в основу прогнозирования распространения концентраций, формула (2).

### Заключение

Хотелось бы особенно отметить тот факт, что предложенный способ косвенных измерений интенсивности эквивалентного источника примеси, а также его местоположения на основе системы из трех аналитических уравнений базируется на ограниченном числе измерений, при этом для одного источника необходимо произвести всего три замера концентраций, бесспорно, можно провести множество измерений и получить описание поля концентраций, но при этом измерения будут избыточные. Модель динамического поля концентраций в водном объекте позволит спрогнозировать поле распространения концентраций примесей ЗВ в пространственно-временной области. Точность получаемых результатов можно оценить при помощи метрологического анализа [6].

### Литература

1. Андасбаев Е. С. Определение максимальных значений концентрации вредных примесей с помощью аналитического решения транспортно-диффузионного уравнения [Электронный ресурс], 2010 – Режим доступа: <http://vestnik.ntu.kz/?q=ru/node/495>.
2. Астраханцев Г. П., Меншуткин В. В., Петров Н. А., Руховец Л. А. Моделирование экосистем больших стратифицированных озер. СПб., 2003.
3. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод. М., 1988. 148 с.
4. Вольцингер Н. Е., Пясковский Р. В. Теория мелкой воды, океанографические задачи и численные методы. Л., 1977. 208 с.
5. Озмидов Р. В. Диффузия примесей в океане. Л., 1986. 279 с.
6. Цветков Э. И. Основы математической метрологии. СПб., 2005.

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

И. Ю. Потапова, Ю. Л. Сластина

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

## Введение

В последние десятилетия уделяется большое внимание изучению устьевых зон рек. Регулярные гидрологические, гидрохимические, гидродинамические, геоморфологические, биологические исследования на эстуарных участках рек, впадающих в Белое море, были начаты в 2000 г. в рамках проекта «Система Белого моря» [7]. В июле 2009 г. Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН, ИО РАН и ИВП РАН была проведена комплексная экспедиция с целью изучения особенностей природных процессов на эстуарных, приустьевых и открытых участках разных типов приливных побережий Белого моря.

## Материалы и методы

Исследования проводились в устье р. Кемь. Пробы воды отбирались в пяти точках на различном удалении от устья реки: в устье реки (ст. 1-01), на промежуточных (033, 027) и на глубоководных станциях (043, 1-04) в фазу прилива и отлива. Станции 1-01, 033, 027 мелководные (табл. 1) и отбор проб на этих станциях осуществлялся только с поверхности. На глубоководных станциях 043, 1-04 пробы воды отбирались на поверхностном, срединном и придонном горизонтах (см. табл. 1).

Таблица 1

Температура (°C) и соленость (‰) морской воды

№ станции	Глубина, м	Горизонт, м	Прилив		Отлив	
			t, °C	Соленость, ‰	t, °C	Соленость, ‰
1-01	1,87	0,5	16,8	0,019	16,4	0,034
033	3,20	0,5	17,4	0,017	16,2	0,016
027	1,41	0,5	17,4	3,85	15,2	16,8
043	11,10	0,5	15,2	11,5	15,2	10,9
		5,0	12,3	22,9	12,2	22,9
		11,0	11,8	23,8	11,8	23,8
1-04	16,13	0,5	11,9	24,5	11,9	24,6
		5,0	11,8	24,7	11,7	24,6
		14,5	11,7	24,7	11,3	25,1

Температура воды во второй половине июля изменялась в пределах от 11,3 до 17,4 °C (см. табл. 1). Наибольшее значение (17,4 °C) отмечено на промежуточных станциях 033 и 027 в фазу прилива, в устье реки она немного ниже (16,8 °C). На глубоководных станциях уменьшение температуры от поверхности до дна было незначительным и составило 3,4 °C на станции 043 и 0,2–0,6 °C – на ст. 1-04 (см. табл. 1). Соленость воды на этом участке изменялась следующим образом: на станциях, наиболее приближенных к устью реки, вода была пресной (до 0,034‰) (см. табл. 1) как в фазу отлива, так и в фазу прилива. На промежуточной станции наблюдалось перемешивание воды. И если в фазу прилива соленость была низкой и составила 3,85‰, то в фазу отлива она увеличилась до 16,8‰. На следующей станции значение солености изменялось от 10,9 на поверхности до 23,8‰ в придонном горизонте. На станции, наиболее удаленной от устья, значение этого показателя от поверхности ко дну практически не менялось (24,5–25,1‰) (см. табл. 1).

Гидрохимические наблюдения помимо других показателей включали определение хлорофилла *a* и биогенных элементов. Содержание хлорофилла *a* определялось во всех пробах воды, а биогенных элементов – отобранных с поверхностного горизонта.

Аналитическая работа проводилась в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН. Для химического анализа проб воды на содержание биогенных элементов были использованы аттестованные методики (табл. 2). Содержание хлорофилла *a* определялось спектрофотометрическим методом [3].

## Методы химического анализа воды

Параметр	Аналитический метод
$\text{NH}_4^+$	Фотометрическое определение с гипохлоритом и фенолом, $\lambda = 630$ нм
$\text{NO}_2^-$	Фотометрическое определение с сульфаниламидом и N-(1-нафтил)-этилен-диамином
$\text{NO}_3^-$	Восстановление до $\text{NO}_2^-$ на Cd-Cu редуторе и определение $\text{NO}_2^-$
$\text{N}_{\text{общ}}$	Окисление $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ в щелочной среде под давлением и определение $\text{NO}_3^-$
$\text{P}_{\text{мин}}$	Фотометрическое определение с молибдатом аммония, $\lambda = 882$ нм
$\text{P}_{\text{общ}}$	Окисление $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ в кислой среде и определение $\text{PO}_4^{3-}$
Хлорофилл <i>a</i>	Спектрофотометрическое определение после фильтрования на мембранных фильтрах с размером пор 0,45 $\mu\text{м}$ . $\lambda = 630, 645, 663, 750$ нм

## Результаты и обсуждение

Распределение хлорофилла *a* по акватории Белого моря имеет неравномерный характер [2]. И как было установлено ранее, максимальные концентрации этого пигмента обнаружены в зонах

Таблица 3  
Содержание хлорофилла *a* в пробах морской воды, мкг/л

№ станции	Горизонт, м	Хлорофилл <i>a</i>	
		Прилив	Отлив
1-01	0,5	2,50	1,75
033	0,5	2,34	1,96
027	0,5	2,45	1,40
043	0,5	1,17	1,04
	5,0	0,77	1,49
	11,0	1,23	1,03
1-04	0,5	0,79	0,86
	5,0	0,27	0,77
	14,5	0,37	0,69

влияния речного стока [1]. Результаты анализов показали, что содержание хлорофилла *a* в пробах воды исследуемого участка Онежского залива изменялось в пределах от 0,27 до 2,5 мкг/л (табл. 3, рис. 1). Наибольшие концентрации (2,5 и 1,96 мкг/л в фазу прилива и отлива соответственно) отмечены на станциях, наиболее приближенных к устью реки (1-01, 033, 027). На станции 043 содержание хлорофилла *a* на поверхностном и придонном горизонтах составило не более 1,23 мкг/л

в обе фазы, на горизонте 5 м его содержание в отлив было в два раза больше, чем в прилив (см. табл. 3, рис. 1). На станции 1-04 наблюдалось незначительное снижение концентрации хлорофилла от поверхности до дна в период малой воды, и в 3 и в 2 раза на горизонтах 5,0 и 13,5 м соответственно в период полной воды. В целом концентрация хлорофилла на этой

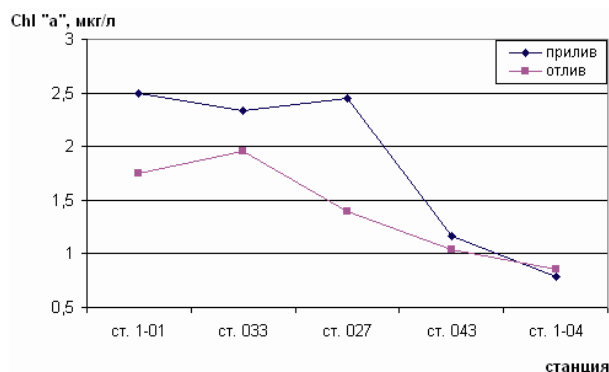


Рис. 1. Содержание хлорофилла *a* в пробах морской воды на удалении от устья реки в фазу прилива и отлива

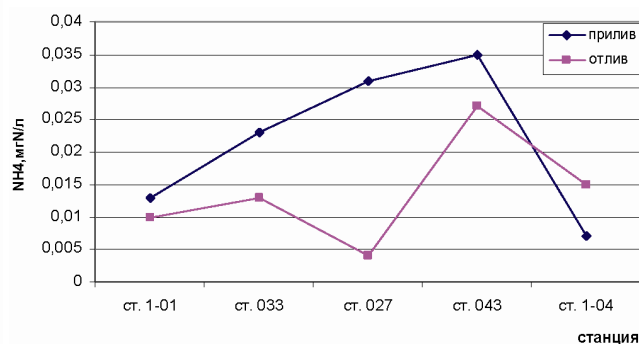


Рис. 2. Содержание аммонийного азота в пробах воды в разных точках отбора от устья реки в фазу прилива и отлива

Как показывают результаты анализов, среди азотистых соединений в пробах морской воды наименьшим было содержание нитритов (не более 0,002 мг N/л) (табл. 4). Содержание нитратов было также незначительным и в большинстве исследованных проб ниже предела обнаружения (0,01 мг N/л), а максимальная концентрация (0,06 мг N/л) отмечена в пробе, отобранной на промежуточной станции (033) в прилив (см. табл. 4). Содержание аммонийного азота находилось в преде-

лах 0,004 – 0,035 мг N/л и в среднем составило 0,018 мг N/л. Распределение этого компонента в пробах воды неравномерное. Наибольшие его концентрации (0,035, 0,031 мг N/л) наблюдались в пробах, отобранных на станциях 043, 027 в фазу полной воды, и 0,027 мг N/л на станции 043 в отлив (см. табл. 4, рис. 2). Низкое содержание минеральных форм азота в фотическом слое в июне – июле связано с весенней вспышкой фитопланктона [5]. Последующая деструкция биомассы и выделение органического азота зоопланктоном приводят к увеличению концентрации органического азота и его доли в суммарном содержании растворенного азота [4], что и показали результаты анализов – из всех форм азота наибольшую часть составил азот органический. Его содержание изменялось от 0,33 до 1,36 мг N/л. Максимальные концентрации отмечались на «морских» станциях как в фазу прилива, так и в фазу отлива (см. табл. 4, рис. 3).

Таблица 4

Азотистые соединения в пробах морской воды, мг N/л

№ станции	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		N <sub>орг</sub>		N <sub>общ</sub>	
	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив
1-01	0,013	0,010	<0,001	<0,001	0,02	<0,01	0,46	0,37	0,49	0,38
033	0,023	0,013	0,001	<0,001	0,06	<0,01	0,33	0,33	0,41	0,34
027	0,031	0,004	0,001	<0,001	<0,01	<0,01	0,29	0,49	0,32	0,49
043	0,035	0,027	0,001	0,001	<0,01	<0,01	1,36	0,89	1,40	0,92
1-04	0,007	0,015	0,001	0,002	0,01	<0,01	1,10	1,18	1,12	1,20

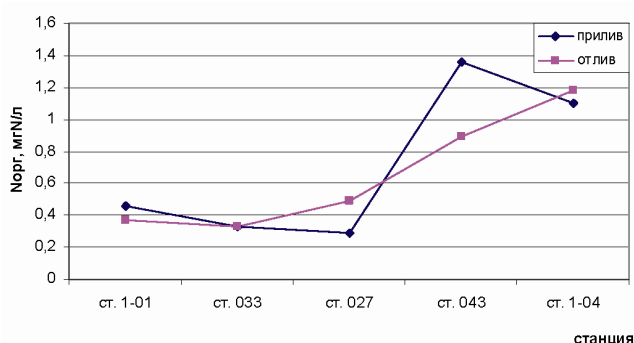


Рис. 3. Органический азот в пробах морской воды в разных точках отбора в фазу прилива и отлива

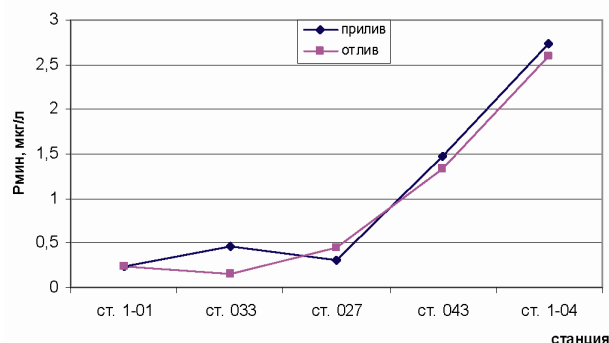


Рис. 4. Содержание фосфора минерального в пробах морской воды на удалении от устья реки в фазу прилива и отлива

Концентрация фосфора минерального колебалась в пределах 0,16–2,74 мкг/л. Наибольшие его концентрации обнаружены на глубоководных станциях в обе фазы (табл. 5, рис. 4). Содержание фосфора общего изменялось в пределах 12,2–18,3 мкг/л и в период полной воды было больше, чем в отлив, на всех точках отбора, кроме станции 1-04 (см. табл. 5, рис. 5). Содержание биогенных элементов в воде залива гораздо выше значений, полученных для открытой части Белого моря [6], что обусловлено выносом этих элементов речным стоком.

Таблица 5

Содержание фосфора в пробах морской воды, мкг/л

№ станции	P <sub>мин</sub>		P <sub>общ</sub>	
	Прилив	Отлив	Прилив	Отлив
1-01	0,24	0,24	14,8	14,4
033	0,46	0,16	18,3	14,1
027	0,31	0,45	15,6	13,3
043	1,47	1,33	13,5	12,2
1-04	2,74	2,59	14,2	17,4

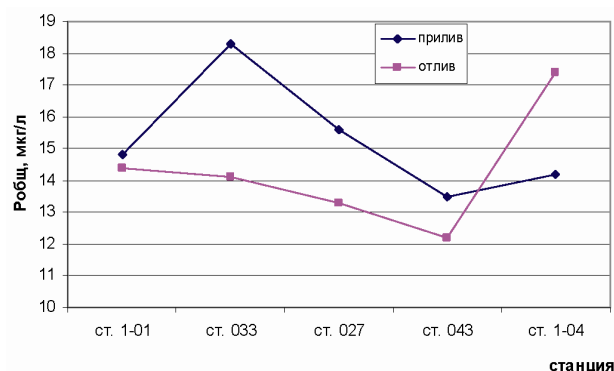


Рис. 5. Общий фосфор в пробах морской воды на удалении от устья реки в фазу прилива и отлива



## Заключение

В результате проведенных исследований выявлены некоторые закономерности взаимодействия морских и речных вод – изменение температуры, солености, химических показателей.

Содержание хлорофилла *a* в воде на исследуемом разрезе изменялось в пределах от 0,27 до 2,5 мкг/л. Наибольшие концентрации (2,5 и 1,96 мкг/л в фазу прилива и отлива соответственно) отмечены на станциях, наиболее приближенных к устью реки. Среднее значение растительного пигмента составило 1,27 мкг/л, что чуть ниже полученного ранее (1,5 мкг/л). Азот и фосфор в поверхностной водной массе представлены в основном органическими соединениями. Содержание нитритов (до 0,002 мг N/л), нитратов (до 0,06 мг N/л), ионов аммония (до 0,035 мг N/л) и минерального фосфора в пробах морской воды незначительное. Большую часть из всех форм азота составил азот органический (0,33–1,36 мг N/л), а содержание общего фосфора изменялось в пределах 12,2–18,3 мкг/л.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 09-05-00658-а.

## Литература

1. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч. I. СПб., 1995. С. 93–97.
2. Бергер В. Я. Продукционный потенциал Белого моря. СПб., 2007. С. 61–65.
3. ГОСТ 17.1.04.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла. М., 1990. 15 с.
4. Запара Е. В., Белевич Т. А., Ильяш Л. В. Структура сообщества планктонных водорослей Белого моря при разных источниках азота и уровня освещенности // Современные проблемы альгологии: Материалы междунар. конф. и VI Школы по морской биологии. Ростов-на-Дону, 2008. С. 153–155.
5. Налетова И. А., Сапожников В. В. Биогенные элементы и продукционно-деструкционные процессы в Белом море // Океанология. 1993. Т. 33, № 2. С. 195–200.
6. Федоров В. Д., Житина Л. С., Корсак М. Н., Белая Т. И. Распределение биомассы и продукции фитопланктона в бассейне Белого моря // Биологические науки. 1980. № 11. С. 72–76.
7. Шевченко В. П., Филиппов А. С., Богунев А. Ю. и др. Геохимические исследования снега, льда и воды в устьевой зоне реки Северной Двины в феврале 2006 г. // Вестник АГТУ. 2008. № 74. С. 118–135.

## МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА р. ПЯСИНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

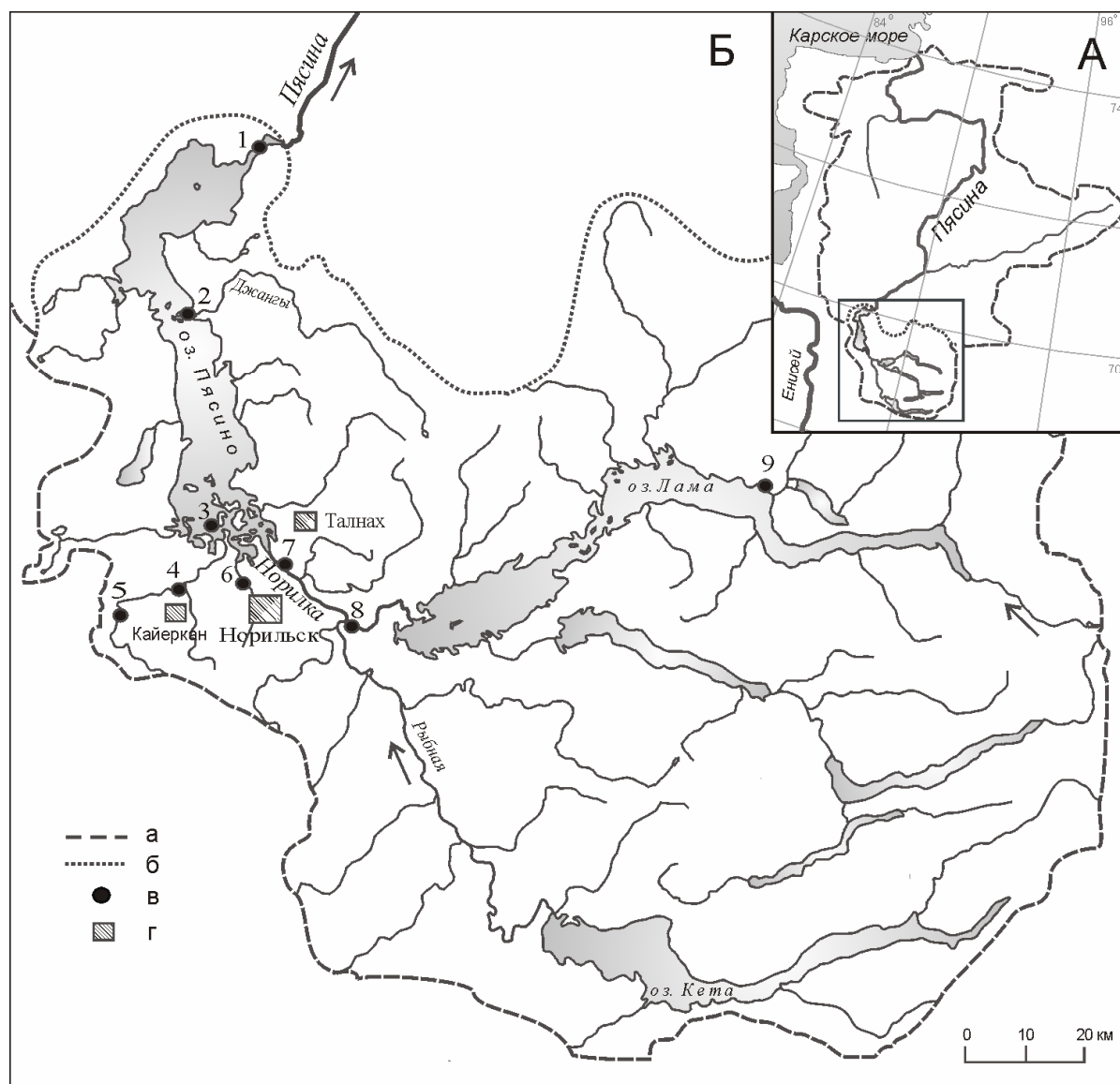
Е. В. Румянцева

*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*

## Введение

В водосборном бассейне р. Пясины выделяется ее верхняя часть – озерно-речная система, включающая оз. Пясино и впадающие в него реки и называемая Норило-Пясинской водной системой. Собственно рекой Пясины считается ее транзитный участок от истока из оз. Пясино до выхода в море (см. рис.). Характерной особенностью водосборного бассейна р. Пясины является то, что примерно 20% стока, впадающего в Карское море, формируется на водосборе Норило-Пясинской водной системы. Поэтому оценка качества вод на транзитном участке р. Пясины во многом зависит от показателей Норило-Пясинской водной системы.

Норило-Пясинская водная система испытывает наибольшее антропогенное воздействие от предприятий Норильского горно-металлургического комплекса и населенных пунктов Норильского района. Загрязнение вод р. Пясины распространяется ниже по течению в Пясинский залив Карского моря. Особую актуальность исследование приобретает в связи с разработкой нормативов качества поверхностных вод, учитывающих региональные особенности и индивидуальные характеристики водных объектов, что предусматривается новым водным законодательством РФ.



**Водосборный бассейн р. Пясина (А) и ее верхнего участка Норило-Пясинской водной системы (Б):**

а, б – границы водосборных бассейнов р. Пясина и Норило-Пясинской водной системы; в – пункты гидрохимических наблюдений; г – населенные пункты

1 – оз. Пясина, 0,5 км от истока р. Пясина; 2 – оз. Пясина, 4 км от устья р. Джанглы; 3 – оз. Пясина, 10 км от устья р. Амбарной; 4 – р. Амбарная, 13 км от устья; 5 – р. Амбарная, 30 км от устья; 6 – р. Щучья, 6 км от Норильска; 7 – р. Норилка, 1 км выше впадения р. Рыбной; 9 – оз. Лама, дом отдыха «Лама»

Целью исследования является оценка многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской водной системы по химическим показателям за период 1980–2003 гг. в условиях антропогенного воздействия.

Ранее вопросу изучения качества вод объектов Норило-Пясинской водной системы в условиях антропогенного воздействия было посвящено небольшое количество работ. Обобщение исследований по влиянию антропогенной нагрузки на водосборе Норило-Пясинской системы представлено в работе А. В. Евсеева и др. [3] и др. Основные итоги многолетних режимных гидрохимических наблюдений, впервые приведенные в статье В. А. Брызгалю и др. [2], обобщены до 1998 г.

**Материалы и методы**

Исходными материалами для оценки качества поверхностных вод послужили данные гидрологических и гидрохимических наблюдений сети Росгидромета. Гидрохимические данные получены из Гидрохимического института при совместной плановой научно-исследовательской работе.

Режимные наблюдения за качеством поверхностных вод исследуемого района проводились на 9 гидрохимических пунктах, обозначенных на рис. Пункты наблюдений были расположены на реках Амбарная, Щучья, Норилка, на озерах Пясино и Лама. Обобщены результаты анализа более чем 1300 проб воды при частоте отбора проб в среднем 7–12 раз в год за период 1980–2003 гг.

Для оценки многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской водной системы была адаптирована методика группировки по интервалам [5]. Суть методики состоит в определении наиболее часто встречаемого интервала в вариационном ряду химического показателя за весь период наблюдений. При широком диапазоне колебания химических данных в ряду (особенно для загрязненных вод) определение среднего арифметического значения, как правило, дает завышенную оценку многолетней изменчивости. Поэтому выявление наиболее часто встречаемого интервала позволяет более точно оценить многолетние характеристики химических показателей.

Для определения оптимального числа интервалов в вариационном ряду использовано число Стёрджесса (n):

$$n = (1 + 3,322 \lg N),$$

где N – количество членов вариационного ряда.

Ранжированный по возрастанию вариационный ряд разбивается на определенное число интервалов (n) при величине интервала (d), вычисленной по формуле:

$$d = (x_{\max} + x_{\min})/n,$$

где  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  – максимальные и минимальные значения ряда.

Интервал, имеющий наибольшую частоту, является наиболее часто встречаемым, т. е. характерным интервалом химического показателя за анализируемый период.

Всего было обработано 192 вариационных ряда по 16 химическим показателям, представлены обобщенные характеристики по основным показателям.

Для сопоставления химических параметров использованы значения предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения [6].

### Результаты и обсуждение

Полученные на основе предложенной методики многолетние характеристики основных химических показателей водных объектов Норило-Пясинской водной системы представлены в табл. 1. Проведенный анализ по наиболее часто встречаемым интервалам и диапазонам колебаний значений выявил основные закономерности пространственной изменчивости качества вод системы.

По кислотно-щелочным условиям воды Норило-Пясинской системы относятся к классу нейтральных и слабощелочных. При этом характерный интервал водородного показателя вод р. Амбарной существенно выше, чем в водах других водных объектов системы. Широкие диапазоны колебания водородного показателя р. Щучьей свидетельствуют о нестабильном развитии среды обитания живых организмов, неустойчивых процессах миграции элементов и превращении биогенных веществ.

Изменение кислородного режима водных объектов системы имеет четкую зависимость от степени антропогенной нагрузки, оказываемой на них. Содержание растворенного кислорода уменьшается от оз. Лама к оз. Пясино, при этом определенную угрозу для экологического состояния водотока представляют минимальные значения на р. Щучьей, а иногда и полное отсутствие. Удовлетворительное содержание растворенного кислорода в воде способствует оптимальному развитию большинства живых организмов, населяющих исследуемые водоемы.

По степени минерализации исследуемые поверхностные воды, в основном, относятся к группе пресных. Наиболее часто встречаемые значения минерализации вод оз. Лама и р. Норилка меньше  $100 \text{ мг/дм}^3$  и небольшие по величине интервала, что позволяет их отнести к ультрапресным. Для рек Щучьей, Амбарной (13 км от устья) и оз. Пясино (10 км от устья р. Амбарной) выявлены максимальные наблюдаемые значения – более  $1400 \text{ мг/дм}^3$ . Концентрации сульфатов в воде системы находятся на высоком уровне, варьируются по величине характерного интервала в зависимости от диапазона колебаний значений. По соотношению анионов воды рек и озер системы носят переходный характер от гидрокарбонатных к сульфатным. Можно предположить два источника поступления сульфатов в воды системы: природный и антропогенный. С одной стороны, изучаемая территория приурочена к Талнахско-Норильской группе месторождений сульфидных медно-никелевых руд [4]. Взаимодействие поверхностных и грунтовых вод с сульфидными рудами меди, никеля, цинка,

других тяжелых металлов и их окисление формируют сульфатные воды. С другой стороны, в составе промышленных выбросов и сбросов предприятий Норильского горно-металлургического комплекса сера и ее соединения составляют значительную часть.

Таблица 1

**Многолетние характеристики основных химических показателей  
водных объектов Норило-Пясинской водной системы за 1980–2003 гг.**

Показатель	оз. Пясино			р. Амбарная		р. Щучья	р. Норилка		оз. Лама
	Номер пункта по рисунку								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH*	<u>7.58–7.73</u> 5,90–8,80	<u>7.44–7.57</u> 6,15–8,35	<u>7.34–7.49</u> 5,90–8,35	<u>7.80–7.95</u> 6,15–8,85	<u>8.01–8.16</u> 6,10–8,60	<u>7.79–8.05</u> 5,45–9,87	<u>7.33–7.48</u> 5,80–8,55	<u>7.38–7.55</u> 5,60–8,50	<u>7.33–7.47</u> 6,0–8,65
Растворенный кислород	<u>9.94–10.5</u> 4,04–15,2	<u>9.95–10.7</u> 3,41–15,7	<u>8.73–9.40</u> 3,43–14,7	<u>9.47–10.1</u> 4,17–16,1	<u>9.97–10.7</u> 3,57–15,7	<u>6.88–7.74</u> н. о.–14,6	<u>10.5–11.0</u> 4,04–15,1	<u>10.7–11.3</u> 4,5–15,5	<u>10.5–11.1</u> 4,15–14,5
Минерализация	<u>54.9–98.3</u> 11,5–793	<u>25.4–72.4</u> 25,4–824	<u>35.9–118</u> 35,9–1438	<u>124–206</u> 42,4–1430	<u>125–177</u> 20,9–852	<u>111–291</u> 111–2994	<u>52.0–67.5</u> 36,6–299	<u>46.4–55.9</u> 36,9–189	<u>53.3–64.2</u> 31,5–228
Сульфаты	<u>2.4–22.3</u> 2,4–361	<u>2.9–26.0</u> 2,9–396	<u>8.6–66.5</u> 8,6–992	<u>3.8–62.3</u> 3,8–998	<u>16.4–30.9</u> 1,9–234	<u>18.8–121.2</u> 18,8–1657	<u>16.1–23.1</u> 9,1–129	<u>19.3–23.8</u> 1,4–73,0	<u>13.4–20.4</u> 6,4–132
Азот нитратный	<u>н. о.–0.16</u> н. о.–2,86	<u>н. о.–0.17</u> н. о.–2,96	<u>н. о.–0.07</u> н. о.–1,12	<u>н. о.–0.05</u> н. о.–0,93	<u>н. о.–0.04</u> н. о.–0,61	<u>н. о.–0.13</u> н. о.–2,12	<u>н. о.–0.04</u> н. о.–0,64	<u>н. о.–0.03</u> н. о.–0,40	<u>н. о.–0.02</u> н. о.–0,44
Азот нитритный	<u>н. о.–0.012</u> н. о.–0,220	<u>н. о.–0.005</u> н. о.–0,077	<u>н. о.–0.009</u> н. о.–0,151	<u>н. о.–0.011</u> н. о.–0,192	<u>н. о.–0.002</u> н. о.–0,030	<u>н. о.–0.024</u> н. о.–0,390	<u>н. о.–0.004</u> н. о.–0,066	<u>н. о.–0.002</u> н. о.–0,032	<u>н. о.–0.001</u> н. о.–0,026
Азот аммонийный	<u>н. о.–0.10</u> н. о.–1,81	<u>0.09–0.18</u> н. о.–1,53	<u>н. о.–0.24</u> н. о.–4,05	<u>н. о.–0.83</u> н. о.–14,1	<u>н. о.–0.11</u> н. о.–1,80	<u>н. о.–1.06</u> н. о.–18,0	<u>0.06–0.13</u> н. о.–1,08	<u>н. о.–0.05</u> н. о.–0,80	<u>н. о.–0.03</u> н. о.–0,62
Железо общее	<u>н. о.–0.19</u> н. о.–3,50	<u>0.03–0.30</u> 0,03–4,70	<u>0.13–0.26</u> н. о.–2,18	<u>н. о.–0.33</u> н. о.–5,60	<u>н. о.–0.06</u> н. о.–1,61	<u>0.03–0.27</u> 0,03–3,86	<u>н. о.–0.15</u> н. о.–2,63	<u>н. о.–0.13</u> н. о.–2,15	<u>н. о.–0.22</u> н. о.–3,90
Медь	<u>н. о.–0.005</u> н. о.–0,087	<u>н. о.–0.013</u> н. о.–0,216	<u>н. о.–0.012</u> н. о.–0,198	<u>н. о.–0.021</u> н. о.–0,384	<u>н. о.–0.003</u> н. о.–0,054	<u>н. о.–0.145</u> н. о.–2,47	<u>н. о.–0.005</u> н. о.–0,093	<u>н. о.–0.004</u> н. о.–0,070	<u>н. о.–0.002</u> н. о.–0,039
Никель	<u>н. о.–0.012</u> н. о.–0,231	<u>н. о.–0.004</u> н. о.–0,066	<u>н. о.–0.005</u> н. о.–0,084	<u>н. о.–0.015</u> н. о.–0,278	<u>н. о.–0.006</u> н. о.–0,106	<u>н. о.–0.154</u> н. о.–2,62	<u>н. о.–0.024</u> н. о.–0,459	<u>н. о.–0.003</u> н. о.–0,054	<u>н. о.–0.003</u> н. о.–0,043
Нефте-продукты	<u>н. о.–0.12</u> н. о.–2,35	<u>0.15–0.29</u> н. о.–2,50	<u>0.14–0.27</u> н. о.–2,32	<u>н. о.–0.09</u> н. о.–1,64	<u>н. о.–0.11</u> н. о.–1,89	<u>н. о.–0.14</u> н. о.–2,36	<u>н. о.–0.12</u> н. о.–2,20	<u>н. о.–0.08</u> н. о.–1,48	<u>н. о.–0.09</u> н. о.–1,66

*Примечание.* Единицы измерения: для pH – ед. pH, для остальных показателей – мг/дм<sup>3</sup>; н. о. – ниже предела обнаружения. В числителе – наиболее часто встречаемый интервал, в знаменателе – диапазон колебания показателя.

Для водных объектов системы характерные интервалы концентраций минеральных форм азота не превышают установленные ПДК, за исключением рек Щучьей и Амбарной (13 км от устья). Экстремально высокие концентрации аммонийного азота, указывающие на недавнее органическое загрязнение, в водах этих рек свидетельствуют о залповых сбросах бытовых сточных вод.

Постоянно высокие концентрации (по сравнению с ПДК) соединений меди и никеля связаны как с природными, так и с антропогенными факторами формирования вод. Как было указано, для водосбора Норило-Пясинской водной системы характерно распространение сульфидных медно-никелевых руд. Поэтому концентрации соединений меди и никеля в водных объектах, не подверженных прямому антропогенному воздействию, – оз. Лама и р. Норилка в створе 1 км выше впадения р. Рыбной – обусловлены особым геохимическим фоном. Высокое содержание тяжелых металлов р. Щучьей и р. Амбарной (13 км от устья) объясняется частыми сбросами грязных вод и притоком воды со шламовых хвостохранилищ, находящихся на территории водосбора этих рек.

Концентрации нефтепродуктов и летучих фенолов Норило-Пясинской системы увеличиваются в водах от оз. Лама к оз. Пясино, имеют незначительную пространственную изменчивость за многолетний период.

Выявление сезонных изменений гидрохимического состава Норило-Пясинской водной системы проводилось на примере р. Норилка в створе 1 км выше впадения р. Рыбной в зависимости от фаз водного режима (см. табл. 2). Внутригодовая изменчивость химических показателей в этом пункте наблюдения характеризует сезонную динамику показателей водных объектов системы, расположенных на водосборе выше пункта и не подверженных прямому антропогенному воздействию.

**Многолетние характеристики основных химических показателей  
в створе р. Норилка – 1 км выше впадения р. Рыбной за 1988–2003 гг.**

Показатель	В целом за многолетний период	В том числе по фазам водного режима		
		Весенне-летнее половодье	Летне-осенние паводки	Зимняя межень
pH*	<u>7,38–7,55 (0,21)</u> 5,60–8,50 (153)	<u>7,03–7,21 (0,26)</u> 5,80–8,10 (38)	<u>7,26–7,43 (0,26)</u> 6,20–8,10 (19)	<u>7,38–7,56 (0,26)</u> 5,60–8,50 (96)
Растворенный кислород	<u>10,7–11,3 (0,15)</u> 4,5–15,5 (155)	<u>9,18–9,86 (0,26)</u> 5,10–14,0 (38)	<u>9,63–10,2 (0,24)</u> 6,41–12,4 (21)	<u>10,6–11,3 (0,16)</u> 4,5–15,5 (96)
Минерализация	<u>46,4–55,9 (0,12)</u> 36,9–189 (92)	<u>46,3–55,6 (0,21)</u> 37,1–158 (38)	<u>44,4–52,5 (0,30)</u> 44,4–114 (10)	<u>81,6–92,8 (0,18)</u> 36,9–189 (44)
Сульфаты	<u>19,3–23,8 (0,17)</u> 1,4–73,0 (93)	<u>13,1–17,3 (0,26)</u> 4,8–59,4 (38)	<u>9,1–15,0 (0,40)</u> 9,1–34,6 (10)	<u>27,6–32,9 (0,18)</u> 1,4–73,0 (45)
Азот нитратный	<u>н. о. –0,03 (0,42)</u> н. о. –0,40 (92)	<u>н. о. –0,01 (0,24)</u> н. о. –0,19 (38)	<u>н. о. –0,01 (0,30)</u> н. о. –0,08 (10)	<u>н. о. –0,03 (0,27)</u> н. о. –0,40 (44)
Азот нитритный	<u>н. о. –0,002 (0,90)</u> н. о. –0,032 (92)	<u>н. о. –0,001 (0,92)</u> н. о. –0,018 (38)	<u>н. о. –0,001 (0,80)</u> н. о. –0,010 (10)	<u>н. о. –0,002 (0,82)</u> н. о. –0,032 (44)
Азот аммонийный	<u>н. о. –0,05 (0,33)</u> н. о. –0,80 (92)	<u>0,06–0,12 (0,26)</u> н. о. –0,80 (38)	<u>0,15–0,17 (0,30)</u> н. о. –0,18 (10)	<u>н. о. –0,03 (0,32)</u> н. о. –0,42 (44)
Железо общее	<u>н. о. –0,13 (0,51)</u> н. о. –2,15 (91)	<u>0,11–0,22 (0,41)</u> н. о. –1,46 (37)	<u>0,07–0,31 (0,80)</u> 0,07–2,15 (10)	<u>0,07–0,11 (0,23)</u> н. о. –0,50 (44)
Медь	<u>н. о. –0,004 (0,51)</u> н. о. –0,070 (151)	<u>0,004–0,007 (0,37)</u> н. о. –0,048 (38)	<u>н. о. –0,002 (0,21)</u> н. о. –0,017 (19)	<u>н. о. –0,003 (0,46)</u> н. о. –0,070 (96)
Никель	<u>н. о. –0,003 (0,61)</u> н. о. –0,054 (150)	<u>н. о. –0,002 (0,55)</u> н. о. –0,030 (38)	<u>н. о. –0,003 (0,53)</u> н. о. –0,032 (19)	<u>н. о. –0,003 (0,65)</u> н. о. –0,054 (93)
Нефтепродукты	<u>н. о. –0,08 (0,57)</u> н. о. –1,48 (151)	<u>н. о. –0,11 (0,58)</u> н. о. –1,48 (38)	<u>0,15–0,18 (0,42)</u> н. о. –0,32 (19)	<u>н. о. –0,06 (0,54)</u> н. о. –0,91 (94)

*Примечание.* Единицы измерения: для pH – ед. pH, для остальных показателей – мг/дм<sup>3</sup>; н. о. – ниже предела обнаружения. В числителе – наиболее часто встречаемый интервал, в скобках – относительная частота интервала обнаружения; в знаменателе – диапазон колебания показателя, в скобках – количество значений.

Выделение фаз водного режима проводилось в зависимости от изменения условий формирования стока отдельно для каждого года. Для водного режима реки характерно весенне-летнее половодье в конце мая – начала июня, летне-осенние паводки, накладывающиеся на конец половодья, и зимняя межень, как правило, с начала октября. Сток реки зарегулирован оз. Мелким, поэтому летняя межень, как период минимального стока воды во время открытого русла, не выделяется [7].

Концентрации наиболее часто встречаемого интервала растворенного кислорода позволяют отнести воды р. Норилка в верхнем течении к условно чистым. Выявленный процесс увеличения содержания растворенного кислорода от весны к зиме характеризует также чистые природные воды. Реакция водной среды р. Норилка определяется как нейтрально-слабощелочная с незначительными изменениями в течение года.

Средние значения БПК<sub>5</sub> не превышают установленные ПДК в течение года. Высокие характерные интервалы значений этого показателя отмечены в половодье, что связано, в первую очередь, с поступлением органического вещества с водосбора. С другой стороны, сезонная динамика БПК<sub>5</sub> также определяется температурой воды и исходной концентрацией кислорода, которые ограничивают физиологическую и биохимическую активность микроорганизмов и скорость процесса потребления кислорода.

По характеру внутригодовых изменений минерализации р. Норилка относится к сибирскому типу (по: [1]) с отчетливо выраженным падением минерализации в половодье и максимальной минерализацией в зимнюю межень. Содержание сульфатов увеличивается в два раза к концу зимней межени, что связано с более значительным влиянием на сток насыщенных подземных вод.

Распределение аммонийного азота закономерно естественным процессам уменьшения концентраций весной в результате ассимиляции растениями и увеличения в осенний период при усилении процесса распада накопившегося за лето органического вещества. Содержание других минеральных форм азота – нитритного и нитратного – в течение года сильно не изменяется и варьируется в пределах ниже ПДК.

Часто отмечены высокие концентрации общего железа в течение года, особенно в летне-осенний период. Повышенные концентрации соединений меди и никеля объясняются естественными причинами формирования качества вод. Максимальный наиболее часто встречаемый интервал содержания меди относится к половодью, во время которого наблюдается значительный приток талых вод с площади водосбора.

Анализ содержания нефтепродуктов в разные гидрологические сезоны показал увеличение в период летне-осенних паводков, когда концентрации выше ПДК в несколько раз. Причина такого процесса, возможно, состоит в непосредственном локальном загрязнении в период открытого русла.

По сравнению с предшествующими оценками настоящее исследование дополнено новыми данными по гидрологическим и химическим показателям, использована уточненная методика оценки многолетней изменчивости по интервалам и проведен анализ динамики химических показателей по фазам водного режима.

### Заключение

В результате оценки многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской водной системы по химическим показателям за период антропогенного воздействия сформулированы следующие выводы.

По характеру многолетней изменчивости качества вод водные объекты Норило-Пясинской системы разделены на три группы. К первой относятся р. Норилка до створа 1 км выше впадения р. Рыбной и другие водные объекты, расположенные выше этого пункта наблюдения, в том числе оз. Лама. Качество вод этой группы формируется под влиянием природных факторов с незначительным косвенным атмосферным загрязнением. Вторая группа, включающая оз. Пясино, р. Норилка в среднем и нижнем течении и р. Амбарную в верхнем течении, характеризуется умеренным загрязнением. Экстремально грязные реки Щучья и Амбарная (в среднем и нижнем течении) – основные приемники сточных вод горно-металлургической промышленности – образуют третью группу.

Наиболее часто встречаемые интервалы химических показателей водных объектов первой группы следует считать условно фоновыми значениями для исследуемой водной системы.

На примере р. Норилка в верхнем течении выявлены региональные тенденции сезонной динамики химических показателей Норило-Пясинской системы. Внутригодовая изменчивость качества вод формируется согласно природным гидрологическим и гидрохимическим закономерностям, за исключением загрязнения нефтяными углеводородами.

Постоянно высокие концентрации соединений меди и никеля в воде объектов системы, не подверженных прямому антропогенному воздействию, обусловлены природным геохимическим фоном территории их водосбора, распространением сульфидной медно-никелевой минерализации.

На основе оценки многолетней изменчивости качества вод возможно разработать нормативы допустимого воздействия на объекты Норило-Пясинской водной системы как верхнего участка водосборного бассейна р. Пясины, учитывающие региональные особенности и индивидуальные характеристики водных объектов.

### Литература

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 444 с.
2. Брызгалов В. А., Иванов В. В., Панасенкова О. И. Норило-Пясинская система в условиях антропогенного воздействия // Экологическая химия. 2001. № 10 (3). С. 174–188.
3. Евсеев А. В., Красовская Т. М., Солнцева Н. П. и др. Горячие точки Российской Арктики / ACOPS. ККЗМ. М., 2000. 301 с.
4. Ефремова Т. Т., Ефремов С. П., Мелентьева Н. В. Эколого-геохимическая оценка поверхностных вод болотной гидрографической сети Приенисейского Заполярья // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2005. № 5. С. 131–143.
5. Пелешенко В. И., Ромас Н. И. Применение вероятностно-статистических методов для анализа гидрохимических данных: Учебное пособие. Киев, 1977. 65 с.
6. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М., 1999. 304 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16: Ангара-Енисейский район. Вып. 1: Енисей / Под ред. А. П. Муранова. Л., 1973. 723 с.

# **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**П. В. Солощук, Е. С. Кочеткова**

*Российский государственный гидрометеорологический университет*

## **Введение**

В настоящее время восточная часть Финского залива находится под воздействием большого числа факторов природного и антропогенного происхождения. Основное воздействие на рассматриваемый регион связано с влиянием мегаполиса, интенсивным развитием портостроительства, активным освоением морских ресурсов и действующей инфраструктурой. С одной стороны, это современное развитие экономики, а с другой стороны, это приводит к негативному воздействию на морские экосистемы. Относительный вклад природных и антропогенных факторов в формирование современного гидрохимического состояния является главной проблемой в современных исследованиях Финского залива.

Из всех газов, растворенных в воде, наибольший интерес представляет кислород, так как с ним связана интенсивность химических и особенно биохимических процессов, он оказывает огромное влияние на обмен веществ в природе. Благоприятный режим растворенного в воде кислорода – одна из главных предпосылок для нормального развития и воспроизводства водных организмов и функционирования всей экосистемы водоема, а также для утилизации хозяйственных и бытовых отходов, поступающих в залив.

## **Материалы и методы**

Финский залив Балтийского моря – относительно узкий залив, он глубоко вдается в сушу и на 420 км вытянут с запада на восток. Часть Финского залива восточнее о. Гогланд принято называть восточной частью Финского залива. Она представляет собой водоем с солоноватой водой, режим которого отличается неустойчивостью гидрологических условий, связанной со значительным материковым стоком и относительной мелководностью. В настоящее время воды восточной части Финского залива находятся в непрерывном движении, при этом их состав и характеристики определяются действием целого ряда факторов, как природных, так и антропогенных, и даже небольшие изменения термохалинных характеристик и как следствие гидрохимических условий оказывают влияние на функционирование биотических компонентов экосистемы [1].

Исходными материалами послужили:

- данные по температуре, солености и растворенному кислороду, полученные в ходе экспедиций на гидрологических полигонах в восточной части Финского залива за период с 2000 по 2010 г.;
- сведения о гидрологических и гидрохимических характеристиках залива, опубликованные в научных работах и рейсовых отчетах;
- данные, полученные институтами Балтийского региона:
  - BED, Baltic Nest Institute, Stockholm University
  - IOW, Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemunde, Germany
  - Shark, SMHI, Sweden
  - Sumppu, marinr database, SYKE-FMI, Finland
  - Aldabase database, SYKE-FMI, Finland
  - MADS, NERI, University of Aarhus, Denmark
  - Pivot, coastal database, SYKE-FMI, Finland.

Как источник данных и средство построения карт был выбран пакет DAS 4.5, который является средством усвоения данных, предоставленных ведущими институтами Балтийского региона. Преимущества DAS заключаются в том, что базы данных распространяются через сеть интернет, что позволяет произвести визуализацию данных существующих баз или создавать и использовать собственные. На сайте <http://nest.su.se/das/> возможно скачать программное обеспечение, представлена техническая документация и руководство пользователя. И данные, и программное обеспечение предоставляются на бесплатной основе.



Исследования гидрохимической структуры выполнялись в летний период (июль – август) в среднем на 45–50 станциях, на которых измерения производились на стандартных горизонтах, в том числе и на станциях, являющимися точками мониторинга УГМС (см. рис. 1). Глубина на станциях отбора проб варьировала от 13 до 75 м.

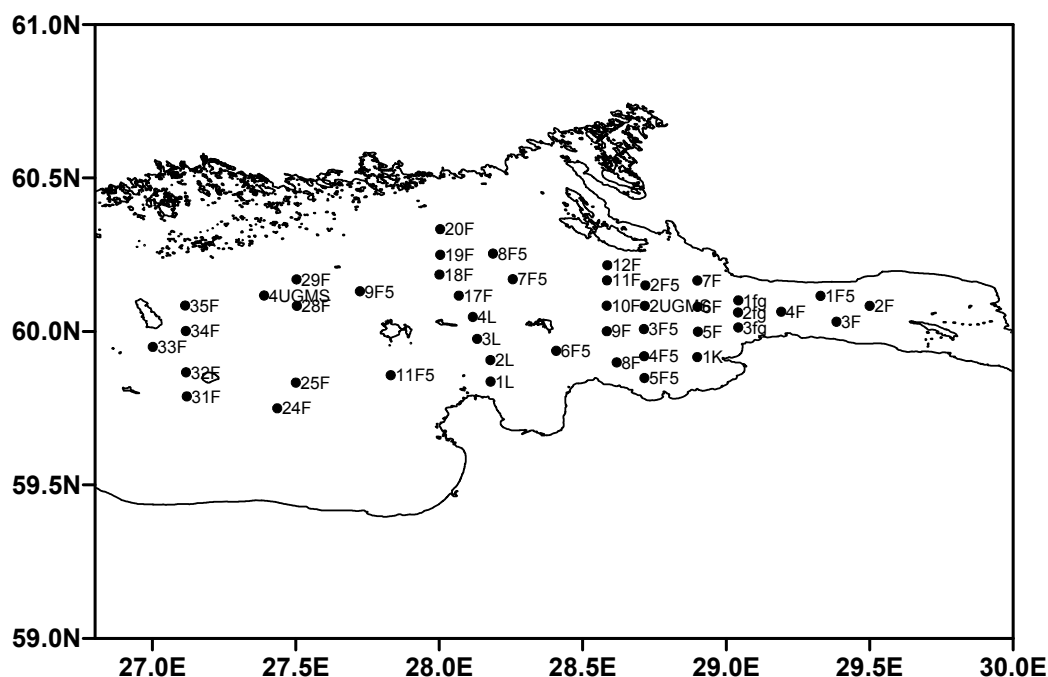


Рис. 1. Схема станций в восточной части Финского залива

### Результаты и обсуждение

Восточную часть Финского залива, где проводились измерения, можно разделить на два под-района:

- мелководный район – от Невской губы до разреза мыс Шепелевский – мыс Флотский,
- глубоководный район – от Шепелевского разреза до о. Гогланд.

В гидрохимическом режиме верхнего слоя имеются особенности, обусловленные географическим положением моря, размещением внешних источников поступления вещества, спецификой сезонной стратификации и биотических факторов. В целом динамика условий похожа на динамику, характерную для фотического слоя. В термоклине и под ним убыль кислорода связана лишь с процессами биохимической деструкции взвешенных веществ, замедленной из-за низкой температуры воды. Поэтому здесь сохраняются относительно высокие концентрации кислорода, формирующие максимум его вертикального распределения. В глубинном слое из-за затрудненности вертикального переноса кислорода из верхнего слоя главным источником аэрации является адвекция поступающих вод.

Кислородный режим в мелководном районе характеризуется притоком солоноватых вод из глубоководной части залива и поступлением распресненных вод от Невы. Концентрации растворенного кислорода в поверхностном слое колебались в диапазоне 5,8–9,2 мл/л. В придонном слое наблюдались минимальные (ниже 3,0 мл/л) в 2006 и 2007 гг. показатели: диапазон преобладающих концентраций составил 1,5–3,0 мл/л в глубоководной части, достаточно высокие значения – от 6,0 до 9,2 мл/л – были в мелководном подбассейне. Самые низкие показатели отмечались в 2006 и 2010 гг. в глубоководных зонах, а также пониженные значения наблюдались в зоне влияния выноса сточных вод.

Для глубоководного района характерно увеличение площади гипоксических зон за последние 10 лет. Наименьшие концентрации кислорода у дна в августе 2003 г. (на самом деле, 2010 г. – самый бедный кислородом: экстремально жаркое нештормовое лето+заток) совпадают с максимальной для последних лет соленостью придонных слоев. Приток обедненных кислородом солоноватых вод из западной части Финского залива и вертикальная стратификация явились причиной существенного ухудшения кислородного режима придонных вод.

Наиболее характерная черта кислородного режима – это его уменьшение по всей толще воды. В кислородном балансе верхнего слоя преобладает его потребление при деструкции органического вещества и выделение в атмосферу. Продуцирование кислорода фитопланктоном достаточно интенсивно, чтобы поддерживался баланс кислорода в верхнем слое выше уровня нормального насыщения.

Один из основных факторов, определяющих режим кислорода летом, – исходное его состояние в придонном слое в весенний период. Другой фактор – стратификация водных масс в глубинном слое, которая зависит от интенсивности притока вод и способствует возникновению зон с дефицитом кислорода. Механизм влияния притока вод на кислородный режим еще не до конца ясен. Вероятно, что с усилением стратификации и повышением температуры воды притока взмучивают донные отложения, и таким образом создаются предпосылки интенсивного потребления кислорода.

Содержание растворенного кислорода в верхнем слое залива определяется интенсивностью одновременно протекающих процессов поступления кислорода в водную среду и уменьшения его содержания. К первым относится поглощение кислорода из атмосферы при относительном содержании его в воде менее 100% и продуцирование при фотосинтезе в результате расщепления молекул воды, ко вторым – биохимическая деструкция органического вещества, выделение в атмосферу с поверхности при относительном содержании кислорода более 100% и дыхание гидробионтов [1].

Многолетние изменения определяются главным образом естественными факторами. Улучшение кислородного режима у дна в глубоководной части залива связывают со снижением солёности и снижением содержания биогенов (в частности, фосфора). Такие же изменения солёности и содержания кислорода характерны и для мелководной части, где кислородные условия редко бывают неблагоприятными.

Распределение растворенного кислорода определяется в основном при взаимодействии процессов распространения распресненных и обогащенных биогенами невыходных вод и фотосинтетической утилизации биогенов. Повышенные значения солёности, в особенности в переходном районе, находят свое объяснение при переходе к распределению характеристик в глубинных слоях. В этом районе, наряду с достаточно выраженным галоклином, обнаруживается значительный дефицит кислорода. Тесная связь между солёностной стратификацией и пониженными концентрациями кислорода в этом районе вполне обычна. Однако общее снижение солёности и ослабление вертикальной стратификации на протяжении последних лет привели к усилению вертикального обмена и достаточной вентиляции глубинных слоев. Изменения вертикального распределения солёности и кислорода в последнее время указывают на адвекцию солёных, обедненных кислородом вод из открытой части Балтики [2].

Заток вод повышенной солёности, как это наблюдалось летом 2003, 2008 и 2009 гг., обусловил резкое увеличение концентрации в придонных слоях мелководной части залива (см. рис. 2–4). В частности, содержание растворенного кислорода превышало средне многолетние значения в несколько раз. Усиление стратификации вод привело к ухудшению кислородного режима на дне и как следствие к обеднению бентосных сообществ.

### **Заключение**

Причиной резкого изменения экологической обстановки в восточной части Финского залива следует считать повышенную антропогенную нагрузку, которая в свою очередь усиливается естественными условиями, такими как поступление в этот район солёных вод из центральной части залива, усиление вертикальной стратификации и ослабление вентиляции глубинных слоев. Повышенная трофность этого района, отражающаяся в интенсивном расходе кислорода на минерализацию донных отложений, способствовала дальнейшему потреблению кислорода из уже обедненных вод.

### **Литература**

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Т. 3. Балтийское море. Справочное издание / Под ред. Ф. С. Терзиева, В. А. Рожкова, А. И. Смирновой. СПб., 1992. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. 434 с.
2. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива / Под ред. И. Н. Давидана, О. П. Савчук. СПб., 1997. Вып. 5. Ч. II. 445 с.



Рис. 2. Распределение растворенного кислорода в летний период 2009 г.



Рис. 3. Распределение растворенного кислорода в летний период 2008 г.

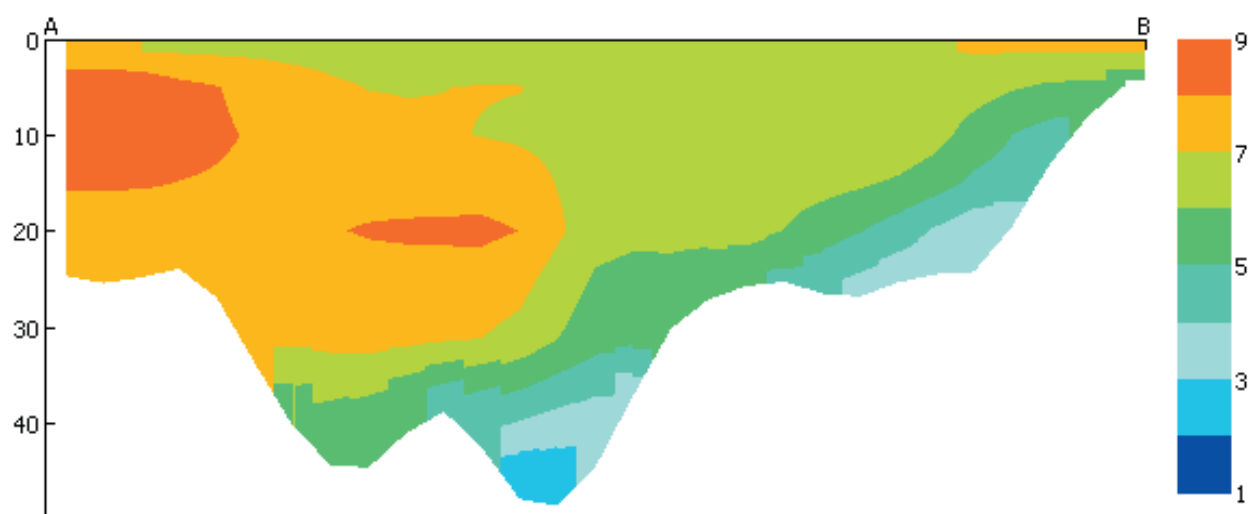


Рис. 4. Распределение растворенного кислорода в летний период 2003 г.

# ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СТОК АРКТИЧЕСКИХ РЕК НА ПРИМЕРЕ РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И РЕКИ ЛЕНА

А. А. Четверова<sup>1,2</sup>, Т. М. Потапова<sup>1</sup>, И. В. Федорова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт

## Введение

В связи с интенсивным нефтегазовым и промышленным освоением водосборных территорий арктических рек во второй половине XX в. возникла проблема изменения естественного гидрохимического режима арктических водных объектов.

Водные объекты районов Крайнего Севера, особенно устьевые участки рек, являются малоизученными в гидрологическом и гидрохимическом отношении, что объясняется суровостью климатических условий арктического региона.

В связи с возросшим в последнее время интересом к изучению морских, береговых и устьевых процессов в Российской Арктике вопрос природопользования арктических регионов, особенно устьевых участков рек, становится актуальным. Поэтому для определения антропогенной нагрузки на реки северных регионов и на моря Северного Ледовитого океана необходима оценка гидрохимического режима, а также качественных и количественных характеристик геохимического стока рассматриваемых рек.

## Материалы и методы

В качестве исходных материалов использовались данные мониторинговых гидрохимических наблюдений Омского и Якутского УГМС за многолетний период (1953–1992 гг.) [8], фоновые данные Западно-Сибирской экспедиции Государственного гидрологического института за период 1989–1992 гг., а также результаты полевых исследований и лабораторных анализов проб воды и донных отложений озер о. Самойловского дельты р. Лена.

Статистическая обработка данных осуществлялась по программе Excel в соответствии с нормативами, общепринятыми на сети Гидрометслужбы [16] и в соответствии с РД 52.24.643-2002 [14].

Гидрохимические данные, обобщенные за период 1956–1974 гг., были отнесены к условно фоновому периоду – до начала широкомасштабного освоения нефтегазовых месторождений в Западной Сибири и хозяйственной деятельности.

Расчет модулей среднегодового геохимического стока производился по формуле:

$$P_i = C \cdot Q \cdot 31,5/F,$$

где  $P_i$  – модуль среднегодового стока растворенных и взвешенных веществ, т/км<sup>2</sup>;  $C$  – средняя многолетняя концентрация растворенных или взвешенных веществ, мг/л;  $Q$  – средний многолетний расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Для понимания процессов, связанных с трансформацией геохимического стока, был проведен ряд экспериментальных исследований на о. Самойловском дельты р. Лена. Работы выполнялись в рамках программы «Система моря Лаптевых» и проекта DFG в летние сезоны 2008 и 2009 гг.

Для измерения глубин озер и определения контуров их поверхности использовались эхолот Garmin и GPS Garmin 60. Батиметрические схемы озер составлены с использованием программ Surfer и MapInfo.

Обработка проб воды и донных отложений в камеральных условиях выполнялась в российско-германской лаборатории полярных и морских исследований им. Отто Шмидта ААНИИ и в аналитической лаборатории Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера (АВИ, Германия). Состав главных ионов в пробах воды определен методом ионохроматографии, концентрация биогенных элементов измерялась на приборе Scalar фотоколориметрическим методом. Для гранулометрического анализа колонок донных отложений применен прибор Laser Coulter, содержание органического и общего углерода TOC/TC определялось при помощи C/N анализатора Elementar. Геохимический анализ донных отложений озер выполнялся на ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer) и позволил определить содержание тяжелых металлов и их оксидов.

## Результаты и обсуждение

### ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕК НИЖНЕГО ПРИОБЬЯ И р. ЛЕНА (г/с КЮСЮР)

В табл. 1 приведены основные характеристики стока рассматриваемых рек в многолетнем плане, по которым можно судить о различиях между ними в гидрологическом отношении. Приведенные значения модулей стока рек сопоставимы между собой. Это дает возможность сравнения характеристик стока растворенных веществ с водосборной территории исследуемых рек.

Таблица 1

Основные характеристики стока рассматриваемых рек (замыкающий створ) [2]

Река	Период	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Годовой сток			Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	Минимальный расход, м <sup>3</sup> /с
			Расход, м <sup>3</sup> /с	Модуль стока, 10 <sup>3</sup> м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup>	Слой стока, мм		
Надым	1955–2005	48	462	303	304	<u>6820</u> 1972 г.	<u>67,8</u> 1978 г.
Пур	1939–1991	95,1	900	298	299	<u>7940</u> 1948 г.	<u>97,6</u> 1969 г.
Таз	1962–1996	100	2060	334	335	<u>7230</u> 1978 г.	<u>110</u> 1975 г.
Полуй	1953–1992	21	135	202	203	<u>94</u> 1954 г.	<u>226</u> 1979 г.
Лена	1935–2005	2430	16 800	218	218	<u>220 000</u> 1989 г.	<u>366</u> 1940 г.

Режимы стока воды рек Нижнего Приобья и р. Лена носят резко выраженный сезонный характер, что видно из приведенных месячных значений расходов воды по типовым гидрографам стока рек (рис. 1 и 2). Однако для стока р. Лена типичен более длительный, растянутый период спада половодья, что связано с условиями его формирования, а также большей интенсивностью летне-осенних паводков.

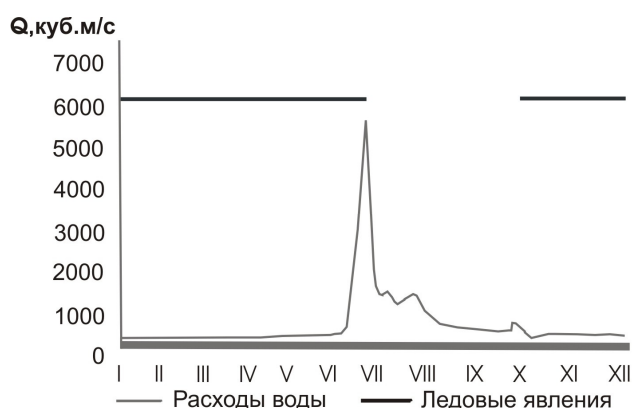


Рис. 1. Гидрограф стока р. Надым у г. Надым

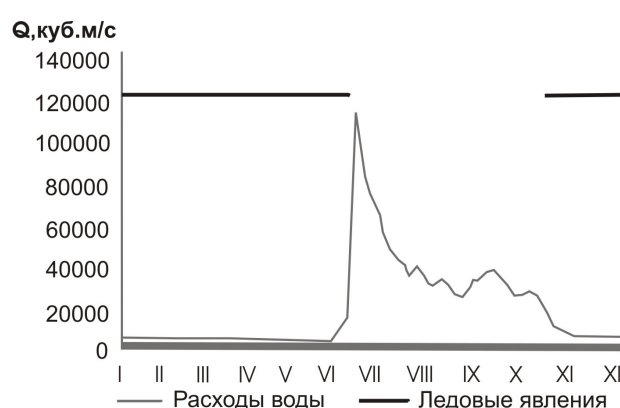


Рис. 2. Гидрограф стока р. Лена у с. Кюсюр

Основная масса воды рек проходит в летний период. За июнь и июль в створе Кюсюра протекает свыше 57% общего стока р. Лена и до 50% стока западносибирских рек.

### УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКОГО СТОКА РЕК

Формирование геохимического стока рек происходит под влиянием ряда природных факторов. Это позволяет говорить об отдельных особенностях рассматриваемых рек и качественных характеристиках стока.

Для данных рек Нижнего Приобья и верхнего течения р. Лена прослеживаются как общие закономерности формирования гидрохимического состава вод, находящихся под болотным влиянием, – повышенные концентрации железа (до 1,5 мг/л), кремния (до 6 мг/л), относительно высокая

цветность, достигающая 150 гр. по Pt-Co шкале, перманганатная окисляемость (до 55,2 мг/л), а также слабокислые и нейтральные значения pH (6,2–7,6), так и ряд различий.

Для западносибирских рек характерны воды ультрамалой минерализации (<200 мг/л) в течение всего года. Воды относятся к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе по классификации О. А. Алекина [11]. В отличие от западносибирских рек к характерным особенностям вод р. Лена относятся более высокие показатели общей минерализации, изменяющейся в широких пределах – от 11 до 550 мг/л – от вод ультрапресных (<200 мг/л) до вод повышенной минерализации (>500 мг/л), гидрокарбонатно-кальциевые по соотношению главных ионов, в отдельные сезоны переходящие к хлоридно-натриевым.

Для выявления генезиса формирования ионного состава вод был проведен корреляционный анализ зависимости изменения общей минерализации (М) от изменения концентраций отдельных ионов (табл. 2 и 3), из которого можно сделать вывод о наибольшей зависимости величины общей минерализации западносибирских рек от концентрации сульфатов и хлоридов в период открытой воды. Увеличение значений общей минерализации происходит за счет возрастания содержаний хлоридов и сульфатов в водах рек, что связано с антропогенной нагрузкой на водные объекты Нижнего Приобья. В подледный период наибольшая зависимость общей минерализации наблюдалась от ионов кальция и гидрокарбонатных ионов, что соотносится с характерным для данных вод гидрокарбонатно-кальциевым типом вод.

Таблица 2

**Фрагмент корреляционной матрицы для рек Надым и Пур за период 1975–1992 гг.**  
(число членов – 30 – для подледного периода и 72 – для периода открытой воды)

Период открытой воды							Подледный период						
	М	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl		М	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
М	1	0,14	0,19	0,19	0,95	0,51	М	1	0,88	0,48	0,90	0,77	0,72

Таблица 3

**Фрагмент корреляционной матрицы для р. Лена**  
(53 члена для подледного периода и 63 члена для периода открытой воды)

Период открытой воды								Подледный период							
	М	Ca	Mg	Na + K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl		М	Ca	Mg	Na + K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
М	1	0,78	0,58	0,63	0,52	0,73	0,83	М	1	0,89	0,66	0,73	0,92	0,95	0,96

Несмотря на то что по среднемноголетним характеристикам воды р. Лена относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу, из приведенной матрицы видно, что в оба периода наблюдалась наиболее высокая корреляционная связь общей минерализации с анионами хлора. Это, вероятно, связано с более резко выраженным (по сравнению с сибирскими реками) влиянием подземного стока на ионный состав воды р. Лена в зимний период.

В сезонном ходе общей минерализации для рассматриваемых рек наблюдалась обратная зависимость ее хода от годового хода водности. Однако максимальные показатели общей минерализации р. Лена зафиксированы в половодье, в отличие от западносибирских рек, для которых максимум общей минерализации связан со снижением водности в период летней межени.

В период весеннего половодья происходит поступление поверхностных вод с заболоченных водосборов рек Нижнего Приобья. Это сопровождается увеличением, а также наибольшими годовыми значениями цветности и концентраций железа, снижением и наименьшими значениями pH и общей минерализации. Для летнего – осеннего периода характерны минимальные концентрации биогенных элементов (азота нитратного, азота аммонийного и фосфора общего), что обусловлено пиком вегетации и интенсивным потреблением питательных веществ. Наибольшие средние концентрации нефтепродуктов характерны для зимней межени, что объясняется минимальным разбавлением (минимальными расходами воды) в данный период, для него же типичны наибольшие концентрации восстановленных форм азота (аммонийного азота) в связи с увеличением доли грунтового питания, процессом аммонификации и дефицитом кислорода в рассматриваемый период.

При сохранении основных закономерностей сезонной изменчивости гидрохимических характеристик рек Западной Сибири к отличительным особенностям сезонного хода растворенных элементов в воде р. Лена относятся время наступления максимума минерализации (как

было отмечено выше), а также наибольшие концентрации загрязняющих веществ (фенолов и нефтепродуктов) в период половодья, когда происходит их смыв с водосборной территории реки талыми водами.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СТОК РЕК

Речной сток является одним из основных источников поступления растворенных и взвешенных веществ в моря Северного Ледовитого океана. Для представления о величине и характере нагрузки на моря Российской Арктики необходимо знать количественные характеристики геохимического речного стока. Под геохимическим стоком в данной работе следует понимать сток растворенных и взвешенных веществ.

На основе многолетнего ряда гидрологических и гидрохимических данных были рассчитаны модули стока растворенных и взвешенных веществ. В результате сравнительного анализа величин, полученных для рассматриваемых рек, был сделан ряд выводов.

Для р. Лена зафиксированы значительно более высокие величины модулей (показателей) ионного стока по сравнению с западносибирскими реками, что связано с большей водностью р. Лена, а также более высокими значениями величин общей минерализации. Их средние значения находились на уровне 33 т/км<sup>2</sup>. Для рек Надым и Пур средние значения модулей ионного стока не превышали 14 т/км<sup>2</sup>. Сток биогенных элементов (аммонийного и нитритного азотов и минерального фосфора), наоборот, характеризуется более высокими показателями для рек Западной Сибири – Надым и Пур (в 5–7 раз больше), что объясняется высокими значениями концентраций этих элементов в водах высокозаболоченных рек. Для нитратного азота имеет место обратная закономерность: сток нитратного азота р. Лена в 3–5 раз выше стока западносибирских рек.

Средние показатели годового стока нефтепродуктов для рек Надым и Пур составляют 109 и 65 кг/км<sup>2</sup> соответственно, что на порядок выше таковых для р. Лена (12 кг/км<sup>2</sup>). Похожая закономерность сохраняется и для стока фенолов, что подтверждает ранее сделанные выводы о хроническом загрязнении нефтепродуктами рек Нижнего Приобья. Показатели стока тяжелых металлов (медь, цинк) составляют сотни грамм с км<sup>2</sup> для р. Лена и до 1 кг/км<sup>2</sup> для Надыма (по меди), что также связано с большей степенью хозяйственного освоения водосбора и большим болотным влиянием рек Западной Сибири.

В результате проведенной оценки величин стока растворенных веществ для рек Нижнего Приобья и верхнего течения р. Лена можно сделать вывод о том, что на формирование ионного стока прямое влияние оказывает фактор водности (т. е. чем больше водность реки, тем больше растворенных веществ она транспортирует), для стока растворенных органических веществ подобная закономерность прослеживалась только в отдельные по водности годы, т. е. при формировании стока растворенных биогенных элементов происходит наложение фактора водности и концентрационного фактора.

Для внутригодового распределения стока растворенных веществ характерно то, что основная их часть для р. Лена приходится на половодье, что подтверждает факт преобладающего влияния водности на формирование ионного стока, стока органических, взвешенных и загрязняющих веществ. Для р. Надым сохраняется закономерность преобладания ионного стока, стока взвешенных и загрязняющих веществ в половодье по сравнению с остальными сезонами. Для биогенных веществ (нитритов и фосфатов) более высокие показатели стока зафиксированы в маловодные периоды года – летне-осеннюю межень и подледный период соответственно.

За рассмотренный многолетний период показатель ионного стока р. Лена уменьшился почти в 3 раза. Тенденция снижения показателей стока наблюдается и для всех главных ионов, за исключением магния. Сток ионов кальция уменьшился на 54%, натрия+калия – на 43%, гидрокарбонатов – на 44%, сульфатов – на 7%, хлоридов – на 30%. Для биогенных элементов наблюдалось снижение показателей стока для нитратов в 2,2 раза, для фосфатов на 7%, более чем в 2 раза для стока кремния, а также увеличение стока железа в 9 раз.

При сравнении модулей стока рек Надым и Пур за два рассматриваемых периода отмечено увеличение ионного стока в антропогенно-измененный период по сравнению с периодом условного фона, что справедливо и для стока всех главных ионов, за исключением хлора для стока р. Пур. Для азота нитратного и фосфора в маловодные годы наблюдается увеличение стока, что говорит о преобладающей роли концентрационного фактора.



## ЭКСПЕДИЦИОННО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДЕЛЬТЕ р. ЛЕНА

Для понимания процессов, происходящих в дельте, связанных с трансформацией геохимического стока, был проведен ряд экспериментальных исследований на одном из островов дельты р. Лена – о. Самойловском Оленекской протоки.

По результатам гидрохимического анализа озерных вод и вод Оленекской протоки реки можно сделать вывод о том, что химические характеристики воды озер сохраняют основные особенности протоки. Воды озер бесцветны или их цветность не превышает  $10^\circ$  (озера № 2 и 8), у них ультралабая минерализация ( $<100$  мг/л) – это гидрокарбонатно-кальциевые, реже гидрокарбонатно-магниевого воды с нейтральными или слабощелочными значениями pH (6,7–7,7). Газовый режим водоемов характеризуется достаточно высоким содержанием растворенного в воде кислорода по всей водной толще ( $>100\%$  нас.), которое резко возрастает в ветреную погоду. Для биогенных элементов типичны достаточно высокие для северных регионов концентрации фосфатов (30–680 мкг/л). В течение месяца наблюдается снижение концентраций фосфатов почти во всех рассматриваемых водоемах, что объясняется наступлением пика вегетации водной растительности. Концентрации окисленных форм азота очень малы и имеют значения на уровне тысячных долей миллиграмма.

Данные по содержанию биогенных элементов говорят об отсутствии антропогенного загрязнения, несмотря на использование некоторых из озер о. Самойловского для питьевых и хозяйственных нужд исследовательской станции.

Для оценки самоочищающей способности озерных экосистем были проанализированы колонки верхнего слоя донных отложений старично-термокарстовых и полигонального озер острова. Концентрации металлов и их оксидов, полученные в результате лабораторных анализов проб донных отложений озер, соотносятся с их природным содержанием в почвах и горных породах региона.

Результаты исследований подтверждают вывод о высокой самоочищающей способности р. Лена в дельте, что согласуется и с выводами, сделанными М. Б. Заславской [2], относительно высокой самоочищающей способности р. Лена по сравнению с другими крупными арктическими реками, такими как Обь и Енисей.

Однако в связи с единичностью данных наблюдений можно сделать только первоначальные выводы о процессах, формирующих геохимические особенности дельты р. Лена. Генезис этих процессов сложен и требует дальнейшего уточнения.

### Заключение

1. На основе обобщения фондовых и картографических материалов установлены основные закономерности формирования химического состава вод рек Нижнего Приобья и р. Лена в ее нижнем течении, которые определяются следующими физико-географическими особенностями: длительным периодом ледостава, что приводит к созданию дефицита кислорода в конце зимней межени, распространением многолетней мерзлоты и криогенных форм рельефа и высокой заболоченностью водосборных территорий рек.

2. Величины общей минерализации западносибирских рек имеют наибольшую зависимость от концентрации сульфатов и хлоридов в период открытой воды, что связано с антропогенной нагрузкой на водные объекты Нижнего Приобья. Для воды р. Лена в оба периода наблюдалась наиболее высокая корреляционная связь общей минерализации с анионами хлора, что объясняется влиянием подземного стока на ионный состав воды р. Лена в зимний период.

3. На формирование ионного стока рассматриваемых рек прямое влияние оказывает фактор водности. При формировании стока растворенных органических веществ происходит наложение фактора водности и концентрационного фактора.

4. За многолетний период произошло уменьшение показателей ионного стока р. Лена почти в 3 раза, стока железа – в 9 раз, а также снижение стока биогенных элементов. При сравнении модулей стока рек Надым и Пур отмечено увеличение ионного стока, стока биогенных элементов в антропогенно-измененный период по сравнению с периодом условного фона.

5. На основе химико-аналитических исследований воды и донных отложений озер о. Самойловского дельты р. Лена установлены значения главных химических характеристик и геохимические показатели (водородный показатель pH, емкость катионного обмена ЕКО, содержание органических веществ и концентрации тяжелых металлов и их оксидов) донных отложений водоемов.

Изучение геохимического состава донных отложений островных озер, подверженных речному влиянию р. Лена, открывает возможность оценки самоочищающей способности озерных экосистем и их устойчивости к антропогенному воздействию.

### Литература

1. Временные методические указания по проведению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. Л., 1983.
2. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования / Под ред. проф. Алексеевского. 2007.
3. Гидрологические ежегодники. Бассейн Карского моря. Т. 6, вып. 4–9. 1956–1973 гг.; Бассейн моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Т. 8, вып. 0–7. 1960–1974 гг.
4. Гордеев В. В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М., 1983.
5. Гордеев В. В. и др. Оценка выноса биогенных элементов с речным стоком в окраинные моря Российской Арктики // Водные ресурсы. 1999. Т. 26, № 2.
6. Государственный водный кадастр. Т. 1, вып. 10–11. 1989–1992 гг.
7. Дубровина Н. Л. Гидрохимический режим устьевых областей рек Пур и Таз // Труды ААНИИ. 1974. Т. 308. С. 173.
8. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод по территории деятельности Омского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1989–1992 гг. (Т. 6, вып. 4–9.)
9. Зубакина А. Н. Особенности гидрохимического режима устьевой области Лены // Труды ГОИН. 1979. Вып. 143. С. 69–76.
10. Михайлов В. Н. Гидрология устьев рек. М., 1998.
11. Никаноров А. М. Гидрохимия. СПб., 2001. 347 с.
12. Никаноров А. М., Брызгалов А. В., Черногаева Г. М. Антропогенно-измененный фон и его формирование в пресноводных экосистемах России // Метеорология и гидрология. 2007. № 11.
13. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М., 1995. 120 с.
14. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. Л., 1973. 320 с.; Т. 17. Лено-Индигирский район. Л., 1972.
16. Шелутко В. А. Методы обработки и анализа гидрологической информации. СПб., 2007.
17. Шпакова Р. Н. Формирование качества воды в реке Лена в современный период: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1999.

Часть 3

# Гидробиология





# ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. Бардина

*Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения*

## Введение

В последнее время все чаще для экотоксикологической оценки почв наряду с определением различных видов загрязняющих веществ применяют биологические методы, основанные на реакции живых организмов на загрязнение. Биологический контроль окружающей среды включает две основные группы методов: биоиндикацию и биотестирование. Биоиндикация – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания. Биотестирование – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, которые извлекаются из среды обитания, и в лабораторных условиях проводится необходимый анализ. Биотестирование дает возможность получить наиболее полную информацию о загрязнении окружающей среды при минимальных затратах, не привлекая современное дорогостоящее оборудование, учитывая и действие неизвестных новых токсичных веществ [1]. В нашей стране стали применять методики биотестирования для оценки качества воды с 1971 г., когда в СССР были введены в действие нормативные документы, регламентирующие применение отдельных видов гидробионтов (рыб, низших ракообразных, водорослей) в биотестах, для выявления экологической токсичности стоков и вод природных водоемов [2]. В настоящее время существует много методик биотестирования и биотест-систем [5].

Позднее методы биотестирования из водной токсикологии стали использоваться для определения токсичности загрязненных почв. Присутствие различных загрязняющих веществ в почве затрудняет определение их экологического состояния только на основе физико-химических и химических методов анализа. В этом случае использование методов биотестирования намного упрощает задачу определения экологического состояния почвы. Показателем токсичности почвы является степень изменения выбранной тест-функции биоиндикаторного организма при его взаимодействии с исследуемым образцом загрязненной почвы. Токсичность почвы, устанавливаемая методами биотестирования, служит интегральным показателем ее загрязнения. Наиболее информативный методологический подход при экологической оценке степени загрязнения почв – комплексное биотестирование, заключающееся в использовании биологических тест-объектов из различных систематических групп (микроорганизмы, гидробионты, растения, теплокровные животные) с различным уровнем организации. С целью повышения точности токсиметрического определения рекомендуется использовать два или три тест-объекта разного трофического уровня.

Важнейшим объектом биотестирования являются высшие растения. Поскольку растительность – важная составная часть биоценозов, фитотестирование должно быть непременной частью при проведении комплексной экотоксикологической оценки загрязненных почв. Общеизвестно, что исключительное значение для эффективности экотоксикологических оценок имеет обеспечение достоверности и сопоставимости получаемой информации, что в свою очередь должно базироваться на использовании единых, стандартных методик. Для проведения фитотестирования в настоящее время используются различные методики. Обзор всего перечня существующих методик по фитотестированию позволяет подразделить их на две большие группы: методики фитотестирования с использованием водных вытяжек из исследуемых почв и методики, основанные на проращивании семян непосредственно в почве. Оценка токсичности почв по фитотестированию водных вытяжек не всегда диагностирует наличие загрязнения и не всегда достоверна [1]. Таким образом, наиболее целесообразно проводить фитотестирование на семенах высших растений при проращивании и непосредственно в исследуемых образцах почвы.

Нами проводилось экотоксикологическое исследование двух компонентов окружающей среды (почвенного покрова и водной среды) с использованием методов биотестирования.

## Материалы и методы исследования

Исследования проводились в Тосненском районе (пос. Шапки), который является одним из крупнейших районов Ленинградской области и расположен на юго-востоке Ленинградской области, в 50 км от Санкт-Петербурга. Климатические условия района благоприятны для жилищного строительства, развития сельского хозяйства, рекреации и туризма. Поселок Шапки является местом отдыха жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. На территории поселка Шапки находится пять действующих карьеров, на четырех из них расположены дачи. На берегу пятого карьера, где производился отбор проб, находятся пляж, база отдыха и расположены места кемпинга.

Отбор проб воды из карьера осуществлялся три раза в течение сезона с глубины 50 см в герметично закрывающуюся пластмассовую посуду. Отбор проб почвы производился на двух площадках (2×2 м), расположенных недалеко от пятого карьера и испытывающих различное антропогенное влияние (туристическое). На площадке № 1 периодически туристы производят мойку машин, а в 50 м от этого места находится несанкционированная свалка бытового мусора. Площадка № 2 – непосредственное место кемпинга, где часто закапываются отходы пикника. Образцы почв были отобраны в течение вегетационного периода с мониторинговых площадок почвенным титановым буром с глубин 0–5 и 5–20 см.

Для комплексной экотоксикологической оценки почв были использованы две методики токсикологического анализа, включенные в Федеральный реестр (ФР 2.39.2001.00283; ФР 1.39.2006.02264 [3, 4]).

Методика биотестирования по гибели ракообразных *Daphnia magna* Straus устанавливает процедуру определения острой летальной токсичности поверхностных и водных вытяжек из почв. Она основана на установлении различия между количеством погибших дафний в анализируемой пробе (опыт) и культивационной воде (контроль). Критерием острой летальной токсичности (А, %) является гибель 50% дафний и более в опыте по сравнению с контролем за 96 ч биотестирования. Водные вытяжки из почв готовились в соотношении почва – вода 1 : 10.

Степень токсичности загрязненной почвы также была установлена по методике (ФР 1.39.2006.02264), разработанной в лаборатории проблем реабилитации техногенных ландшафтов Центра экологической безопасности РАН (НИЦЭБ РАН). Методика предназначена для определения токсичности техногенно загрязненных почв (минеральных грунтов) с содержанием гумуса не более 8% в лабораторных условиях при использовании в качестве тест-объекта семян высших растений (пшеница яровая, ячмень). В данной методике разработаны два показателя токсичности, которые позволяют диагностировать уровни токсичности загрязненных почв: N<sub>1</sub> – снижение всхожести семян по сравнению с контрольной пробой (%) и N<sub>2</sub> – показатель степени изменения длины корней проростков по сравнению с контролем (%). При длине корней выше контроля предполагается, что почва обладает стимулирующими свойствами.

Определение основных физико-химических свойств отхода и почв производили с помощью рН-метра фирмы «HANNA» HI-98128(pH), удельной электропроводности (общее засоление) – кондуктометром фирмы «HANNA». Определение физико-химических свойств загрязненных почв было проведено в водных вытяжках (соотношение жидкость – твердая фаза 5 : 1), что дает представление о содержании в почве водорастворимых веществ.

## Результаты и обсуждение

Весной вода в водоеме имела рН 8,58, который понижался летом до 7,78, что допускается для водоема культурно-бытового использования. В конце сезона в воде повышается содержание водорастворимых веществ (0,36 мг/л). Содержание натрия в воде было повышенным в мае, но не превышало ПДК (200 мг/л). Калий и кальций присутствуют в воде в незначительных количествах.

В результате проведенных исследований по биотестированию воды в водоеме с использованием двух тест-объектов (гидробионты – дафнии и семена высших растений – пшеницы) было

установлено, что уже в июле в воде появляется токсичность (средняя степень А = 28%), которая в сентябре переходит в острую степень токсичности (80%). Это свидетельствует о постепенном загрязнении купального водоема (табл.).

### Биотестирование воды на дафниях

Проба	Процент погибших от контроля, А%	td	Оценка тестируемой пробы
Май	0	24,75	Нетоксичная
Июль	28	28,96	Средняя токсичность
Сентябрь	80	30,60	Острая токсичность

Примечание. td – расчетный коэффициент Стьюдента; ts = 2,78.

Сезонное изучение изменения pH и содержания водорастворимых солей в почвах на площадках выявило, что почвы весной имели нейтральную и слабощелочную реакцию среды (pH 6,7–7,9), которая в осенний период в горизонте 0–5 см понизилась до слабокислой и нейтральной (pH 5,9–6,7). Содержание солей было максимальным весной (0,15–0,27 ms), очевидно в связи с применением антигололедных средств на дорожках. Осенью их содержание стало минимальным (0,07–0,01 ms), что объясняется дождливым вегетационным сезоном.

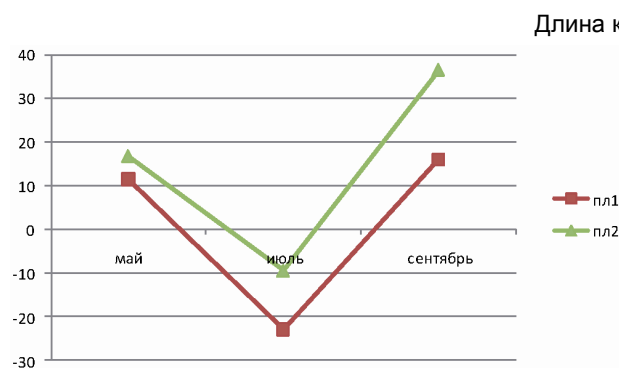


Рис. 1. Результаты фитотестирования почвы, глубина 0–5 см

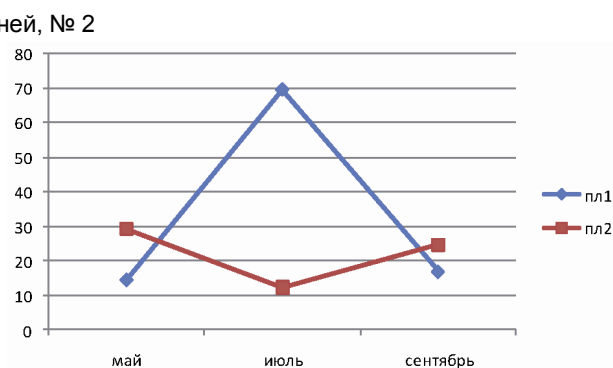


Рис. 2. Результаты фитотестирования почвы, глубина 5–20 см

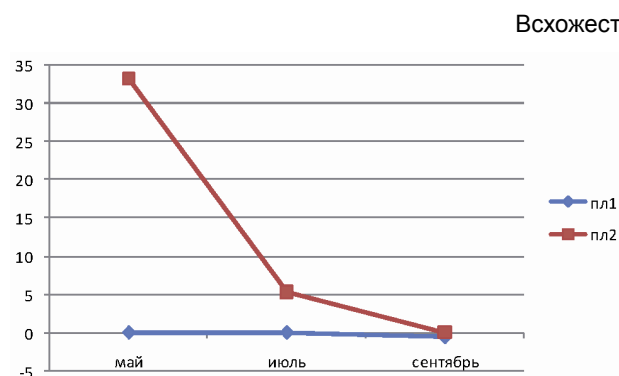


Рис. 3. Фитотестирование почв, глубина 0–5 см

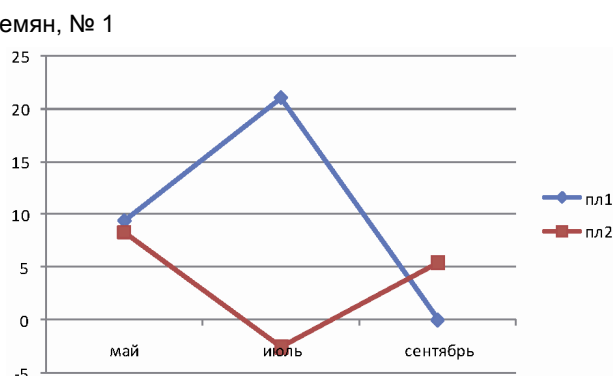


Рис. 4. Фитотестирование почв, глубина 5–20 см

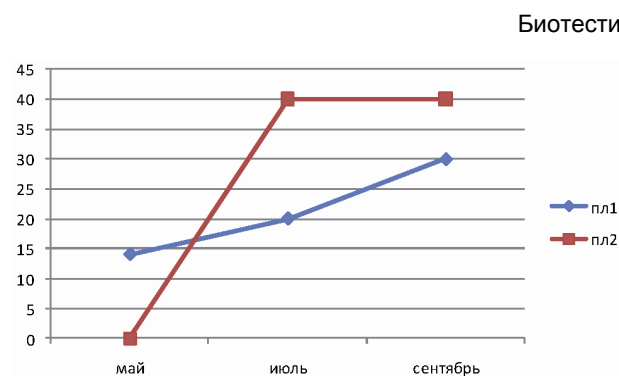


Рис. 5. Результаты биотестирования почв, глубина 0–5 см

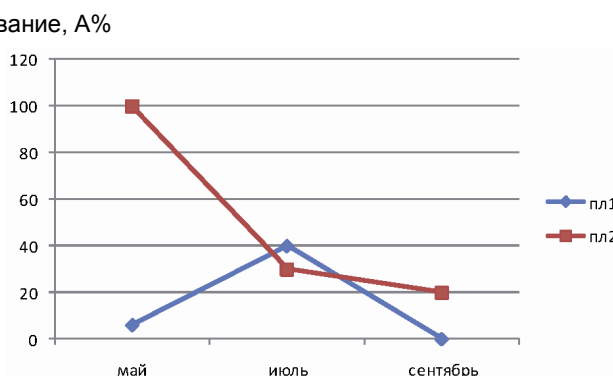


Рис. 6. Результаты биотестирования, глубина 5–20 см

В ходе проведенного биотестирования почв на дафниях в горизонте 0–5 см на площадке № 1 была установлена слабая токсичность в июле, которая сохранялась и в сентябре. На площадке № 2 появляется слабая токсичность к осени (рис. 5). В горизонте 5–20 см на площадке № 2 весной выявлена сильная токсичность, которая снижается к осени, вероятно, сказывается влияние закопанного мусора с предыдущей осени. На площадке № 1 появляется небольшая токсичность в июле, которая исчезает к осени, чему способствовало дождливое лето и вымывание вредных веществ в нижние горизонты (рис. 6).



Фитотестирование показало, что в горизонте 0–5 см на площадке № 1 токсичность не наблюдается, на площадке № 2 токсичность отмечалась в сентябре (рис. 1, 3). В горизонте 5–20 см на площадке № 1 была выявлена умеренная токсичность в июле, которая исчезает к осени, на площадке № 2 наблюдается появление слабой токсичности в сентябре (рис. 2, 4).

В результате проведенного комплексного биотестирования почвы установлено, что на площадке № 1, где туристы периодически производили мойку автомобилей, появляется в июле умеренная степень токсичности, которая исчезает в сентябре. На площадке № 2 определена наибольшая токсичность (умеренная по фитотестированию и сильная по биотестированию) весной, которая, очевидно, связана с попаданием с талыми водами токсичных веществ из расположенной рядом несанкционированной свалки прошлого года. На этой же площадке слабая степень токсичности появляется снова в сентябре по мере загрязнения площадок мусором.

### **Заключение**

1. В результате биотестирования воды в купальном водоеме установлено, что рост антропогенной нагрузки на водоем к осени приводит к увеличению степени токсичности воды в нем.

2. Обобщая результаты проведенных экотоксикологических исследований почвенного покрова на мониторинговых площадках, можно сделать вывод о том, что сезонная динамика загрязнения почв определяется не только степенью антропогенной нагрузки, но и динамикой природных процессов.

3. Используемая тест-система для определения токсичности воды и почвенного покрова позволяет объективно оценить степень антропогенной нагрузки на компоненты окружающей среды.

### **Литература**

1. Бакина Л. Г., Бардина Т. В., Маячкина Н. В. и др. К методике фитотестирования техногенно загрязненных почв и грунтов // Материалы Междунар. конф. «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». Ч. 1. Апатиты, 2004. С. 167–169.

2. Мелехова О. П., Сарапульцева Е. И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учебное пособие для студентов высш. учеб. заведений. М., 2008. 288 с.

3. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для токсичности техногенно загрязненных почв. ФР 1.39.2006.02264. СПб., 2009. 19 с.

4. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. ФР 1.39.2001.00283.

5. Терехова В. А. Обзор о «весомости» биотических индексов в оценке экологического риска и нормировании // Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования: Междунар. науч.-практ. конф. (30 сент. – 1 окт. 2010 г.). М., 2010. С. 161–164.

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОТОКОВ г. ПЕТРОЗАВОДСКА**

**Л. А. Беличева, В. П. Бусарова**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### **Введение**

В последние годы большое внимание уделяется исследованию водоемов, длительное время находящихся под влиянием неблагоприятных факторов. Особенно заметно негативное техногенное воздействие проявляется на пресноводных экосистемах, в которые загрязнения поступают с осадками, аэротехногенным путем, непосредственно с промышленными и хозяйственными стоками. Экосистемы малых водотоков урбанизированных территорий чаще других подвергаются загрязнению в результате деятельности человека. Промышленные, бытовые и ливневые стоки, являющиеся главными компонентами загрязнения урбанизированных рек, обычно содержат широкий спектр органических и неорганических поллютантов, которые сбрасываются в эти водотоки без соответствующей очистки.

По территории г. Петрозаводска протекают две малые реки Лососинка и Неглинка, которые на протяжении многих лет являются местом отдыха горожан. В течение долгого времени экосистемы данных водотоков подвергаются комплексному антропогенному воздействию, что ведет к ухудшению качества воды, нарушению структуры биоценозов, снижению видового разнообразия [4, 6]. Цель данного исследования – оценка рекреационного потенциала и экологического состояния данных рек.

Мелкие водотоки Неглинка, Лососинка относятся к рекам юго-западного побережья Онежского озера. Река Лососинка берет начало из оз. Лососинного, площадь которого составляет менее 10 км<sup>2</sup>, и впадает в Петрозаводскую губу Онежского озера в черте г. Петрозаводска. Общая протяженность реки 25 км (в городской черте – около 7 км). Преобладающая ширина составляет 10–15 м. Река Неглинка берет начало из небольшого озера Неглинного и впадает в Петрозаводскую губу Онежского озера в черте г. Петрозаводска. Общая протяженность реки составляет 14 км, преобладающая ширина – 5–6 м. Водосбор рек можно условно разделить на две части: верхняя часть находится в естественном состоянии, нижняя часть бассейна расположена на городской территории.

Нельзя не отметить, что реки на территории города – это точки притяжения, наиболее интересные фрагменты городского ландшафта, можно сказать, его визитная карточка. Они являются ключевыми элементами формирования среды обитания, в частности, рекреационных и спортивных зон. Водные объекты и прилегающие к ним земли, несомненно, имеют большое значение для отдыха, реабилитации и релаксации городского населения, но нельзя забывать, что они чрезвычайно важны и для поддержания биоразнообразия, так как являются местами обитания аборигенной фауны, сохранившейся в условиях мегаполиса.

### Материалы и методы

К водным рекреационным ресурсам относят совокупность водных объектов с благоприятными для различных видов рекреационной деятельности характеристиками [7]. Абсолютно непригодными являются только сильнозагрязненные реки, ручьи и озера, отдых на берегу которых неприятен. Очевидно, что наиболее ценными в рекреационном отношении являются те участки, на которых по имеющимся ресурсам и современному состоянию возможна организация наибольшего количества мест отдыха и разнообразие видов деятельности с благоприятным воздействием на организм человека.

Нами была проведена визуальная оценка экологического состояния и рекреационных возможностей Лососинки и Неглинки. Оценивались следующие показатели: 1) состояние русла; 2) состояние берегов; 3) состояние прибрежной зоны; 4) наличие стоянок (мест отдыха) – действующих и потенциальных; 5) замусоривание.

Оценка экологического состояния двух водоемов также проводилась на основе гистопатологических изменений органов рыб. Известно, что рыбы как последнее звено трофической цепи водоемов, а также в силу своих биологических особенностей являются одним из наиболее показательных объектов изучения [1, 20]. В настоящее время морфофункциональные нарушения в органах рыб широко используются как биомаркеры загрязнения при исследовании водоемов [10, 12, 20]. В качестве объекта исследования был выбран усатый голец (*Barbatula barbatulas* (L.)) – широко распространенный вид для данных водоемов. Образцы жабр, печени и почек рыб фиксировали жидкостью Буэна и в соответствии с общепринятой методикой обезживали и заливали в парафиновые блоки. С помощью санного микротомы изготавливали срезы 5–7 мкм толщиной и окрашивали их с использованием в качестве красителя гематоксилин-эозина [2]. Полученные препараты на микроскопе обследовались на наличие патологий при увеличении 100, 200. За время исследований были проанализированы органы 22 рыб.

### Результаты и обсуждение

Первые антропогенные изменения водотока относятся к началу XVIII в., когда по обоим берегам реки были построены все цеха и вспомогательные здания металлургического завода. Последующие изменения реки связаны со строительством выше по течению р. Лососинка чугунолитейного и пушечного заводов (территория современного Онежского тракторного завода). За период существования заводов само русло р. Лососинка, ее пойма в устье и береговые очертания претерпели значительные изменения. Промышленное освоение прибрежной территории реки тогда ограничилось

постройкой Александровского завода, а все дальнейшее освоение водотока было связано с ростом и благоустройством города. Особенно сильно антропогенное воздействие на экосистему рек Лососинка и Неглинка проявилось в XX в.: в связи с ростом городского населения, а также появлением и развитием предприятий в черте г. Петрозаводска.

На современном этапе реки испытывают на своем протяжении большое антропогенное воздействие, особенно в нижнем течении, где наблюдается загрязнение поверхностно-активными веществами, тяжелыми металлами, нефтепродуктами и бытовыми стоками. Многофакторное влияние на экосистему водотока связано с промышленным и бытовым водопользованием, химическим и тепловым загрязнением, изменением водного режима [6]. По данным Государственного доклада о состоянии окружающей среды в Республике Карелия [4], основными промышленными источниками загрязнения р. Лососинка являются предприятия корпорации российских лесопромышленников, Минавтотранса, Минстройматериалов, р. Неглинка – предприятия Минрадиопрома, Минавтотранса и прочих министерств, а также стоки молокозавода. Некоторая часть загрязненных вод смывается с дорог при таянии снега, дождевыми водами и также поступает в водоток. В русло рек открываются самостоятельные выпуски ливневой канализации города, представленные открытыми и закрытыми водостоками. При этом сброс дождевых и дренажных вод с территории города осуществляется без очистки. Такая антропогенная нагрузка привела к изменению качественных характеристик воды и как следствие снижению рекреационной привлекательности водотоков и нарушению функционирования биологической составляющей их экосистем.

По результатам проведенной оценки реку Лососинка на городской территории можно разделить на три зоны, соответствующие высокой, низкой (в среднем участке) и средней (в низовье) степени рекреационного использования.

В верхнем участке течения по городу (территория лесного массива между Древлянкой и Кукковкой) имеется высокий потенциал для различных видов рекреационной деятельности. Большую роль здесь играет пейзажная привлекательность и удаленность от городской инфраструктуры. Основные виды отдыха – это пикники и прогулки вдоль берегов, ловля рыбы, купание (следует отметить, что ни одного оборудованного для купания места здесь нет, места для отдыха организуются стихийно, никак не оборудованы). Однако потенциал данного участка, на наш взгляд, велик.

На участке от железнодорожного моста до моста на улице Мерецкова отмечается низкая степень рекреационного использования, сильное зарастание прибрежной зоны, замусоривание, близость жилой застройки. Однако организация отдыха здесь возможна, необходим только соответствующий проект и вложения.

В нижнем течении река протекает в историческом центре города, здесь прибрежные территории давно освоены и нагрузка на водный объект такова, что необходимость более глубокого вовлечения не рассматривается. Участок в пойме реки (так называемая «Ямка») на данный момент времени можно считать образцом организации рекреационной деятельности.

По классификации А. А. Суздальевой [9] Лососинку можно отнести к классу исторически ценных водных объектов. К данной категории относятся городские водные объекты, обладающие помимо рекреационного потенциала несомненной культурно-исторической ценностью. Их современное экологическое и санитарно-гигиеническое состояние может быть различным, в том числе и неудовлетворительным. При проведении мероприятий по рекреационному обустройству необходимо обратить внимание на реконструкцию исторического облика водного объекта.

Река Неглинка в настоящее время относится к категории рекреационно-малозначимых водных объектов. В силу своего неблагоприятного экологического и санитарно-гигиенического состояния лишь на небольшом участке между улицами Анохина и Антикайна она может использоваться для организации рекреационной деятельности. Видеоэкологическую ситуацию городской территории на большей части своего протяжения она не улучшает. Вместе с тем горожане используют прибрежную зону, а иногда и сам водный объект в качестве места отдыха, подчас массового, или в иных целях. Во многих случаях неконтролируемое использование водного объекта может представлять собой опасность для здоровья людей. Для восстановления р. Неглинка и повышения ее рекреационного статуса необходимо инженерно-экологическое обустройство реки, разработка проектов реабилитации, экологической защиты и охраны.

Таким образом, на сегодняшний момент реки Лососинка и Неглинка выполняют следующие рекреационные функции: 1) пикники, игры на берегу; 2) купание; 3) катание на лодках и катамара-

нах; 4) активные игры на воде – поло, мяч «зорбе», день Нептуна и т. п.; 5) водоем как объект показа, эстетическая функция; 6) рыбалка.

В прошлом р. Лососинка была населена лососем и озерной форелью, однако строительство плотин нарушило пути миграции проходных рыб, что привело к полному исчезновению популяций этих рыб. В настоящий момент река заселена малоценными видами рыб, среди которых доминируют голец усатый и бычок подкаменщик. В устьевом участке реки помимо речных представителей ихтиофауны обитают рыбы, заходящие из Онежского озера. На сегодняшний день состав ихтиофауны представлен 17 видами рыб, относящихся к 10 семействам. Рыбные ресурсы р. Неглинка практически не изучены, и информации о современном состоянии ихтиофауны водотока нет. По нашим данным, в состав ихтиофауны реки входит около 7 видов рыб, относящихся к 5 семействам.

Проведенный гистологический анализ внутренних органов усатого гольца рек Лососинка и Неглинка выявил широкий спектр сходных морфофункциональных изменений.

Патологические изменения в жабрах усатых гольцов из двух исследуемых водотоков были представлены нарушениями как пролиферативного, так и дегенеративного характера. К изменениям дегенеративного типа относились выявленные нами очаговый некроз клеток слоев жаберного эпителия и респираторных ламелл, а также интраваскулярный гемолиз эритроцитов. Признаками развития прогрессивных изменений являлись гиперплазия и гипертрофия клеток жаберного эпителия. В жабрах исследуемых рыб часто наблюдались нарушения кровообращения – появление кровоизлияний и единичных аневризм, а также застойные явления в сосудах. У рыб также отмечались небольшие отеки эпителия, очаги агрегации макрофагов, содержащих пигмент гемосидерин, а также разрастание соединительной ткани, приводящее к фиброзу и как следствие к нарушению структуры филаментов. Помимо указанных изменений, у усатых гольцов р. Лососинка в редких случаях наблюдали развитие неопластических изменений, а у рыб р. Неглинка – появление слизи. У определенного количества особей было диагностировано несколько видов эндо- и эктопаразитов, среди которых, в частности, были паразитарные инфузории.

Определенные нарушения нормальной структуры были выявлены также в печени исследуемых усатых гольцов. У рыб нередко наблюдались кровеносные сосуды, характеризовавшиеся застойными явлениями, диффузным утолщением стенок и появлением масс гемолизированных эритроцитов. Изменения были выявлены и в строении желчных протоков: вокруг крупных желчных протоков наблюдалось разрастание пучков соединительной ткани, а в их полости – появление отложений. Самая многочисленная группа аномалий клеток печени объединяла дегенеративные изменения: некроз отдельных клеток и небольших участков паренхимы; появление гепатоцитов с пикнотизированными ядрами и очагов клеточной вакуолизации. У некоторых рыб отмечались нарушения архитектоники, появление жировых клеток и увеличенного количества мелано-макрофагических центров, а также признаки развития неопластического изменения. Особенностью рыб р. Лососинка было присутствие в печени некоторых особей признаков повышенной митотической активности и гепатоклеточной регенерации, в то время как у ряда особей из р. Неглинка отмечалось появление очагов базофильных клеток и кистозной дегенерации печени.

Помимо указанных отклонений от нормальной структуры в печени многих рыб отмечалась множественная паразитарная инвазия. В частности, нами были обнаружены: цисты плоских червей класса Trematoda, представители классов Nematoda и Monogenea. Кроме того, нами были выявлены организмы, паразитирующие в желчных протоках (предположительно плазмодии семейства Muxidiidae), что часто приводило к дегенеративным изменениям в последних, в частности, кариопикнозу выстилающих клеток.

Гистологический анализ почек также показал развитие патологий нескольких типов. Как и в печени, кровеносные сосуды характеризовались диффузным утолщением стенки и появлением застойных явлений. У некоторых рыб в крупных сосудах наблюдались массы гемолизированных эритроцитов. В почках усатых гольцов нередко наблюдали кровоизлияния различной степени тяжести, небольшие беспорядочно расположенные очаги некроза гемопоэтической ткани, появление большого количества мелано-макрофагальных центров, содержащих два типа пигментов: меланин и гемосидерин, а также небольших очагов жировых клеток и структур, характерных для различных этапов процесса образования новых нефронов. У особей, обитающих в р. Неглинка, изредка отмечалось образование гранулем.

В ходе исследования у рыб были выявлены структурные аномалии канальцев, проявлявшиеся в вакуолизации, кариопикнозе и некрозе клеток эпителия канальцев, накоплении в просвете некоторых почечных канальцев отложений, сформированных преимущественно клеточным детритом, реже эозинофильными массами; отслоении эпителия от базальной мембраны; сужении просвета канальцев; небольшом разрастании соединительной ткани вокруг почечных канальцев.

К признакам развития гломерулопатии относятся выявленные нами в почечных клубочках расширение капилляров, пролиферация мезенгиальных клеток, а также дегенеративные изменения структур. У рыб р. Лососинка, помимо вышеуказанных изменений, отмечалось появление в почечных клубочках эозинофильных отложений и признаков пролиферации наружного листка капсулы клубочка. Кроме того, в почках рыб данного водотока были диагностированы случаи появления неопластических изменений.

Следует отметить, что канальцы и клубочки некоторых рыб были подвержены инвазии паразитов типа *Mixosporidia* (семейство *Mixidiidae*).

Исследуемые нами органы выполняют важнейшие функции: жабры участвуют в осморегуляции, поддержании кислотно-щелочного баланса и выполнении дыхательной функции; печень является главным органом, отвечающим за процессы детоксикации и биотрансформации загрязняющих веществ, а почки являются главным путем выведения метаболитов, образовавшихся в процессе биотрансформации различных ксенобиотиков. Как показывают исследования, эти органы в первую очередь страдают при сильном загрязнении [5, 8].

Диагностированные в жабрах, печени и почках рыб нарушения являются неспецифическими ответными реакциями, которые развиваются у рыб под влиянием большого разнообразия факторов и проявляются как при кратковременном воздействии, так и при хроническом загрязнении. Большинство из выявленных нами изменений наблюдалось ранее в исследованиях урбанизированных водотоков [14, 17]. Экспериментально доказано, что развитие этих патологий может быть вызвано загрязнением исследованных рек тяжелыми металлами [15, 16, 21], нефтепродуктами [13, 18], повышенными концентрациями аммонийного азота [11, 19], периодически регистрируемыми в реках Лососинка и Неглинка [3, 4].

Выявленные нами в ходе исследования патологические изменения в жабрах, печени и почках оказывают влияние на состояние организма рыб в целом – свидетельствуют о нарушении метаболизма, ослаблении иммунитета, усилении защитно-компенсаторных реакций и развитии функциональных нарушений в жизненно важных органах. Высокая частота появлений различных нарушений и их широкий спектр служат признаками экологического неблагополучия данных водотоков.

Таким образом, обнаруженные нами изменения являются показателем того, что организм рыб демонстрирует ответную реакцию как на присутствие в воде загрязняющих веществ, так и на паразитарную нагрузку.

### **Заключение**

Современные общемировые тенденции в вопросах рекреационного водопользования и экологии характеризуются растущим пониманием необходимости бережного, рационального отношения к водным ресурсам. Потребность в рекреационных территориях непрерывно возрастает, а создание мест массового отдыха горожан на водных объектах, отвечающих санитарным нормам и правилам в области гигиенических требований к зонам рекреации и охране поверхностных вод, возможно только путем решения проблемы оздоровления водных объектов и их дальнейшей реабилитации. Следовательно, уже сейчас необходим комплекс мер по благоустройству рек Лососинка и Неглинка.

Качество вод городских водных объектов в определенной степени является отражением экологического состояния их водосборного бассейна. Мы считаем, что для того чтобы река стала полноценным городским объектом рекреации, необходимо комплексное решение проблемы – обустройство прибрежной территории (уборка камней, подсыпка местности, создание зеленых насаждений, ликвидация очагов загрязнения), разработка мер предотвращения попадания городских стоков в русло реки, а также очистка их донных отложений, являющихся источником вторичного загрязнения.

Успешное решение проблемы создания комфортных и безопасных условий для отдыха, а также восстановления качества речной воды и улучшения экологической обстановки возможно лишь на базе комплексного изучения, оценки и прогноза состояния, определения и ранжирования источников загрязнения водных объектов и прибрежных защитных полос, а также поэтапного планирования мероприятий по их благоустройству.

## Литература

1. Аршаница Н. М., Лесников Л. А. Патологоморфологический анализ состояния рыб в полевых и экспериментальных токсикологических исследованиях // Методы ихтиотоксикологических исследований. Л., 1987. С. 7–9.
2. Волкова О. В., Елецкий Ю. К. Основы гистологии с гистологической техникой. М., 1982. 304 с.
3. Горохов А. В., Марченко Л. П. Распределение тяжелых металлов в водах реки Лососинки // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, биология, охрана: Тез. докл. Всерос. конф. (16–19 нояб. 2004 г.). Борок, 2004. С. 17.
4. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2000 г. / Государственный Комитет Природных Ресурсов по РК. Петрозаводск, 2001. 247 с.
5. Кашулин Н. А., Решетников Ю. С. Накопление и распределение никеля, меди и цинка в органах и тканях рыб в Субарктическом водоеме // Вопросы ихтиологии. 1995. Т. 35, № 5. С. 687–697.
6. Комулайнен С. Ф., Морозов А. К. Изменение структуры фитоперифитона в малых реках урбанизированных территорий // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 3. С. 356–363.
7. Кусков А. С. Туристское ресурсоведение. М., 2008. 208 с.
8. Попова О. А., Решетников Ю. С. Оценка состояния пресноводных экосистем по состоянию рыбной части сообщества // Проблемы экологии и рационального природопользования Северо-Запада России и Псковской области. Псков, 1995. С. 41–52.
9. Суздалева А. А. Инженерно-экологическое обустройство и пути повышения рекреационного потенциала малых городских водных объектов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2005. 22 с.
10. Au D. W. T. The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review // Mar. Poll. Bull. 2004. 48. P. 814–834.
11. Benli A. C. K., Köksal G., Özkul A. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): Effects on gill, liver and kidney histology // Chemosphere. 2008. 72. P. 1355–1358.
12. Bernet D., Schmidt H., Meier W. et al. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution // J. Fish Dis. 1999. 22. P. 25–34.
13. Brand D. G., Fink R., Bengueyfield W. et al. Salt water acclimated pink Salmon Fry (*Oncorhynchus gorbuscha*) develop stress-related visceral lesions after 10-day exposure to sublethal concentrations of the watersoluble fraction of north slope crude oil // Toxicol. Pathol. 2001. 29. P. 574–584.
14. Camargo M. M. P., Martinez C. B. R. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream // Neotropical Ichthyology. 2007. 5. P. 327–336.
15. Giari L., Manera M., Simoni E., Dezfali B. S. Cellular alterations in different organs of European sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.) exposed to cadmium // Chemosphere. 2007. 67. P. 1171–1181.
16. Pandey S., Parvez S., Ansari R. A. et al. Effects of exposure to multiple trace metals on biochemical, histological and ultrastructural features of gills of a freshwater fish, *Channa punctata* Bloch // Chemico-Biological Interactions. 2008. 174. P. 183–192.
17. Silva A. G., Martinez C. B. R. Morphological changes in the kidney of a fish living in an urban stream // Environ. Toxicol. Pharmacol. 2007. 23. P. 185–192.
18. Simonato J. D., Guedes C. L. B., Martinez C. B. R. Biochemical, physiological and histological changes in the neotropical fish *Prochilodus lineatus* exposed to diesel oil // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2008. 69. P. 112–120.
19. Spencer P., Pollock R., Dube M. Effects of un-ionized ammonia on histological, endocrine, and whole organism endpoints in slimy sculpin (*Cottus cognatus*) // Aquat. Toxicol. 2008. 90. P. 300–309.
20. Van der Oost R., Beyer J., Vermeulen N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review // Environ. Toxicol. Pharmacol. 2003. 13. P. 57–149.
21. Van Dyk J. C., Pieterse G. M., Van Vuren J. H. J. Histological changes in the liver of *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae) after exposure to cadmium and zinc // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2007. 66. P. 432–440.

## ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РЕКАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е. Н. Белякова

Петрозаводский государственный университет

Важной задачей для развития программы научных и практических действий по сохранению, восстановлению и рациональной эксплуатации запасов атлантического лосося в реках Кольского п-ова является изучение состояния кормовой базы, обеспеченности пищей и также особенностей питания молоди лососевых рыб.

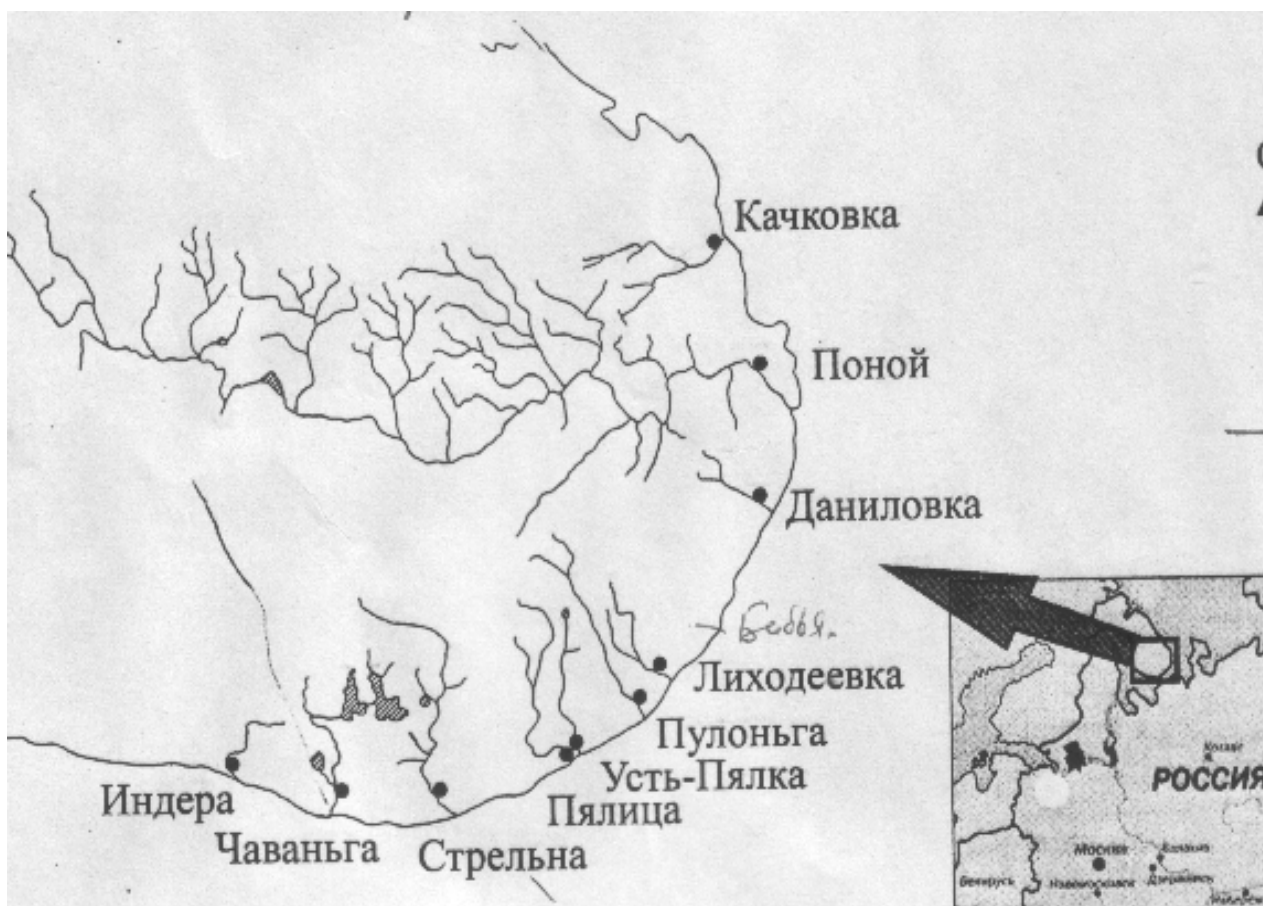
Качественная оценка видового состава дрефта беспозвоночных организмов, их количественная характеристика в разные сезоны года, обеспеченность молоди лосося пищей представляют собой основу для оценки продуктивности различного типа нерестово-выростных участков и в целом нерестовых рек. В то же время если по оценке продуктивности озер и подсчету ихтиомассы имеется многочисленная литература, то информации о продуктивности лососевых рек явно недостаточно, а по семужьим рекам Кольского п-ова она практически отсутствует.

В ходе исследований семужьих нерестовых рек юго-востока Кольского п-ова, которые выполняются в рамках ряда российских и международных научных проектов, нами проводился учет численности и биомассы молоди атлантического лосося, а также был осуществлен отбор проб на питание молоди лососевых рыб.

Данная работа посвящена исследованию особенностей питания молоди атлантического лосося в 8 семужьих реках юго-восточной части Кольского п-ова (Белое море): Индэра, Чаваньга, Стрельна, Пулоньга, Даниловка, Поной и Качковка (рис.).

### Материалы и методы исследования

Отбор проб на нерестово-выростных участках рек был произведен в летнюю межень – август 2008 г., в период наиболее интенсивного питания рыб, практически «одномоментно» – в течение всего трех дней, чему способствовали вертолетные перевозки научных сотрудников. Это, с нашей точки зрения, повышало достоверность полученных нами проб по питанию рыб.



Карта-схема рек юго-восточной части Кольского п-ова

У рыб извлекали пищевой комок и определяли общий индекс наполнения желудка, рассчитанный в процедимиях (0/000) как соотношение веса пищи (мг) к весу рыбы (г), умноженное на величину 10. Таким же образом определялся индекс для «воздушной» фракции – группы воздушных, наземных и имагинальных стадий водных насекомых, сносимых на поверхности воды и часто составляющих основу питания лососевых рыб в речных условиях [2].



## Результаты и обсуждение

Результаты анализа проб по питанию молоди атлантического лосося позволили выявить следующие особенности питания рыб в этом мало исследованном регионе (табл.).

**Показатели питания молоди лосося в юго-восточных реках Кольского п-ова (август 2008 г.)**

Река	Общий индекс наполнения желудка (0/000)	Воздушная фракция (0/000)	Водная фракция (0/000)	Кол-во рыб, экз.
Индёра	112	96	16	34
Чаваньга	77	14	63	22
Стрельна	169	5	164	32
Пялица	82	2	80	28
Пулоньга	178	17	161	43
Даниловка	176	5	171	23
Поной	250	60	190	62
Качковка	134	26	108	60

Можно говорить о том, что согласно ранее разработанным для рек Европейского Севера России нормативным показателям оценки пищевой обеспеченности молоди лососевых рыб [3], накормленность рыб в исследованных реках везде высокая – средний индекс наполнения желудков в большинстве рек более 100 0/000. И все же между реками в качественном и количественном отношении в питании рыб наблюдаются существенные различия.

### РЕКА ИНДЁРА

Характерной особенностью этой реки является то, что показатель индекса наполнения желудка у рыб средний (112 0/000). Интересно то, что по сравнению с другими реками р. Индёра обладает самым высоким показателем воздушной фракции (=96 0/000) и самым низким значением водной фракции (=16 0/000). Эта единственная из 8 рек, где значение воздушной фракции больше значения водной фракции.

*Плотность рыб: 83 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают:* Ephemeroptera N., Chirpnomidae L., Trichoptera L., Insecta.

### РЕКА ЧАВАНЬГА

У рыб р. Чаваньга отмечен самый низкий индекс наполнения желудка (=77 0/000).

Река имеет средние значения как водной, так и воздушной фракции.

*Плотность рыб: 36 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают:* Chirpnomidae L., Ephemeroptera N., Trichoptera L.

### РЕКА СТРЕЛЬНА

Имеет средний индекс наполнения желудка рыб (=169 0/000), который складывается из довольно низкого значения воздушной фракции и очень высокого – водной фракции.

*Плотность рыб: 24 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают:* Chirpnomidae L., Ephemeroptera N. (00% встречаемость), Simuliidae L. P.

### РЕКА ПЯЛИЦА

Низкий индекс наполнения желудка у рыб (=82 0/000), скорее всего, связан с самым низким из всех 8 исследуемых рек показателем воздушной фракции – 2 0/000.

*Плотность рыб: 69 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают:* Ephemeroptera N., Chirpnomidae L., Trichoptera L.

### РЕКА ПУЛОНЬГА

Река обладает одним из самых высоких индексов наполнения желудка рыб (=178 0/000). Он складывается за счет высокого значения водной фракции.

Любопытной особенностью р. Пулоньга является то, что в желудках рыб из этой реки была обнаружена икра, чего ранее не отмечалось.

*Плотность рыб: 60 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают: Chironomidae L., Ephemeroptera N., Plecoptera N.*

#### РЕКА ДАНИЛОВКА

Высокий индекс наполнения желудка у рыб (=176 0/000). Один из самых высоких показателей водной фракции и в то же время одно из самых низких значений воздушной фракции.

Интересной особенностью является то, что в желудках рыб, обитающих в данной реке, выявлена высокая встречаемость (= 70%) Chironomidae P., чего не было отмечено в других исследуемых реках.

*Плотность рыб: 25 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают: Chironomidae L., Ephemeroptera N. (со 100% встречаемостью) и Chironomidae P.*

#### РЕКА ПОНОЙ

Самая высокопродуктивная, судя по оценке питания, река из всех 8 исследованных нами рек. Она имеет высокий показатель воздушной фракции в питании, и также следует отметить максимальное значение водной фракции (=190 0/000). Это, возможно, связано с тем, что р. Поной имеет 244 притока первого порядка [1].

*Плотность рыб: 71 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают: Chironomidae L., Simuliidae L.P., Ephemeroptera N., Plecoptera N., Insecta.*

#### РЕКА КАЧКОВКА

Река Качковка характеризуется средним показателем индекса наполнения желудка у рыб (=134 0/000), что, скорее всего, связано со средним значением водной фракции и низким показателем воздушной фракции.

*Плотность рыб: 80 экз./100 м<sup>2</sup>.*

*В пище преобладают: Chironomidae L., Ephemeroptera N., Insecta, Simuliidae L. P.*

Информации по семужьим рекам Кольского п-ова о продуктивности лососевых рек явно недостаточно или она вообще отсутствует. В ходе исследований семужьих нерестовых рек юго-востока Кольского п-ова нами проводился учет численности и биомассы молоди атлантического лосося, а также был осуществлен отбор проб молоди лососевых рыб на питание.

Были исследованы реки: Индѐра, Чаваньга, Стрельна, Пялица, Пулоньга, Даниловка, Поной, Качковка. Анализ исследуемых рек позволил выявить некоторые особенности в питании молоди лососевых рыб. Согласно предложенной Ю. А. Шустовым [3] классификации рек по интенсивности питания нами было определено, что реки Поной, Пулоньга и Даниловка можно условно отнести к наиболее продуктивным. Такие реки, как Чаваньга и Пялица, отличаются довольно низкими показателями продуктивности питания (см. табл.).

Единственная река, в которой воздушной фракции в питании оказалось больше, чем водной, причем в 6 раз, это р. Индѐра. В целом из всех рек особенно выделяется р. Поной – самые высокие показатели водной фракции, общий индекс наполнения желудка.

Если рассматривать суммарную плотность рыб в реках, то можно заключить, что реки Индѐра, Качковка, Поной, Пялица и Пулоньга имеют довольно высокие по сравнению с другими исследуемыми нами реками показатели плотности распределения молоди атлантического лосося (от 60 до 83 экз./100 м<sup>2</sup>).

В процентном отношении в желудках кормовые объекты встречаются в следующем порядке:

- Chironomidae L. – 100%
- Ephemeroptera N. – 100%
- Insecta – 63%
- Simuliidae L.P – 50%
- Plecoptera N. – 38%
- Trichoptera L. – 38%
- Chironomidae P. – 13%

Также впервые была обнаружена среди содержимого желудка икра в р. Пулоньга, чего ранее не отмечалось.

За помощь в получении и обработке материалов выражаю огромную благодарность докторам биологических наук безвременно ушедшему С. М. Калюжину, а также А. Е. Веселову и Ю. А. Шустову.

### Литература

1. Прусов С. В. Атлантический лосось реки Поной (экология, воспроизводство, эксплуатация). 2004.
2. Шустов Ю. А. Экология молоди атлантического лосося. Петрозаводск, 1983. 152 с.
3. Шустов Ю. А. Экология молоди лососевых рыб рек Европейского Севера России: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1993. 39 с.

## ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА СУДОЧЬЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕГРАДАЦИИ ДЕЛЬТЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ, УЗБЕКИСТАН

Е. Н. Гинатуллина<sup>1</sup>, И. М. Мирабдуллаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт водных проблем АН РУз*

<sup>2</sup> *Институт зоологии АН РУз*

### Введение

Сегодня большинство существующих на равнине Узбекистана озер расположены на высотах, не превышающих 500 м над уровнем моря, это ирригационно-сбросовые озера. К главным особенностям формирования их гидрохимического режима следует отнести питание коллекторно-дренажными водами (с минерализацией до 3 г/л), значительное засоление почв, слагающих котловины озер, интенсивные потери на испарение и возможность их подпитывания грунтовыми водами. По классификации С. П. Китаева, которая включает уровень биогенной нагрузки галинных озер и водохранилищ, озера Узбекистана относятся к олиготрофно-хлоридным, олиготрофно-сульфатным, к мезотрофно-сульфатным и мезотрофно-хлоридным. Причиной невысокой концентрации фосфора является снеговое питание рек, которые имеют очень быстрое течение и малую водосборную площадь.

Озеро Судочье расположено в Республике Каракалпакстан, что в составе Узбекистана, в 220 км от г. Нукуса (рис.). Озеро образовалось в неглубокой, но обширной котловине, находящейся в северо-западной части дельты р. Амударья, на берегу Аральского моря, от которого его отделяла гряда дюн под названием Аккумская гряда. Водообмен между озером и морем осуществлялся за счет временных каналов, образующихся в Аккумской гряде. Озеро Судочье питалось за счет крупного левобережного рукава дельты р. Амударья, получившего наименование Равшан. До начала 60-х годов прошлого столетия это озеро являлось самым большим внутريدельтовым водоемом р. Амударья. Площадь водного зеркала озера достигала 350 км<sup>2</sup>, ширина – 15 км; длина – 25 км, наибольшая глубина – 3,0 м, минерализация воды колебалась в пределах от 600 до 1700 мг/дм<sup>3</sup> [2].

### Материалы и методы

Озеро Судочье в настоящие дни объединено с рядом лежащими озерами в Судочинский ветланд, площадь которого (космическая съемка, июль 2000 г.) 34 280 га. Территорию в 70% занимает растительный покров с преобладанием тростника. Из водоемов наибольшие размеры имеют озера Акушпа (13% от площади ветланда) и Большое Судочье (6% от общей площади). Более мелкие озера – Каратерень (361,9 га), Бегдулла-Айдын (601,1 га), Тайлы (527,2 га). Кроме этого, в период многоводья на территории ветланда образуется много (от 110 до 150) мелких и средних мелководных, изолированных и недоступных озер.

Ветланд Судочье остается одной из наиболее сохранившихся экологических зон дельты р. Амударья, местом сохранения и поддержания биологического разнообразия этого региона. Здесь еще сохранились остатки прежних тугайных зарослей, ранее повсеместно распространенных в низовье реки. В течение всей истории существования оз. Судочье проточность водоема обеспечивала сохранение и восстановление качества воды. Прекращение проточности неизбежно приводило к увеличению минерализации воды озера.



Анализ многолетних наблюдений по стоку воды выявил общую тенденцию сокращения водоносности р. Амударья, особенно в ее низовьях, т. е. в пределах Каракалпакстана. Рассматриваемый нами период (2000–2002 гг.) оказался самым маловодным годом за всю историю наблюдения стока р. Амударья. Резкое сокращение стока воды, с одной стороны, было связано с климатическими факторами, с нарушением режима совместной работы двух крупных водохранилищ, с другой стороны, явилось результатом многолетнего нерационального использования водных ресурсов по всей длине р. Амударья. В годы с нормальной водообеспеченностью максимальная глубина воды составила в озерах Акушпа – 1,55 м, Большое Судочье – 1,20 м, Бегдулла-Айдын – 1,15 м, Каратерень – 1,65 м. Прозрачность воды во всех озерах ветланда осенью 1999 г. была до дна. Минерализация в 1999 г. в оз. Акушпа составляла 18 г/л, а в других указанных озерах не превышала 3 г/л. С 2000 г. минерализация резко возросла и к июню 2001 г. превысила 20 г/л во всех озерах, а в озерах Акушпа и Каратерень перешла в разряд гипергалинности (>45 г/л). С увеличением минерализации озер происходило увеличение мутности и цветности воды и уменьшение ее прозрачности.

### Результаты и обсуждение

Зоопланктон ветланда Судочье за период 1999–2002 гг. был представлен 72 таксонами (табл.). Впервые для озера были отмечены: *Testudinella elliptica*, *Euchlanis incisa*, *Cephalodella* sp., *Lecane plesia*, *L. stenroosi*, *L. thalera*, *Lophocharis kutikovae*, *Diacyclops longioides*. В зоопланктонном сообществе ветланда Судочье был обнаружен эндемик Приаралья веслоногий рачок *Schizopera aralensis* Borutsky. Из других представителей аральской фауны в планктоне Судочьего отмечены морской циклоп *Halicyclops rotundipes* и личинки полихеты *Nereis diversicolor*, морские сидячие ин-

фузории *Folliculina* sp., *Cothurnia* sp., мшанка *Bryozoa* gen. sp., ракушковые ракообразные *Cyprideis littoralis*, *Cypridopsis newtoni*, бокоплав *Dickerogammarus aralensis*, моллюск *Caspiohydrobia* spp. Морские виды отмечены, главным образом, в более осолоненных озерах Акушпа (включая его северо-восточную часть Тайлы) и Каратерень. В водоеме было обнаружено сравнительно много гарпактицид.

#### Видовой состав зоопланктона

Виды	Годы исследования и авторы							
	1924 [5]	1934 [6]	1950 [1]	1969 [3]	1988 [4]	1999–2000	2001	2002
Rotifera								
1. <i>Asplanchna priodonta</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
2. <i>A. sieboldi</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
3. <i>Asplanchna</i> sp.	+	+	+	–	–	–	–	–
4. <i>Bdelloidea</i> gen. sp.	–	–	–	–	–	+	–	+
5. <i>Brachionus calyciflorus</i>	–	–	–	+	–	+	–	–
6. <i>B. quadridentatus</i> q.	–	–	+	+	+	+	+	+
7. <i>B. q. brevispinus</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
8. <i>B. q. hyphalmuros</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
9. <i>B. q. angularis</i>	+	–	+	–	+	+	–	+
10. <i>B. plicatilis plicatilis</i>	–	–	–	+	+	+	+	+
11. <i>B. p. rotundiformis</i>	–	–	+	–	–	+	–	+
12. <i>B. rubens</i>	–	–	–	+	–	+	–	–
13. <i>B. urceus</i>	–	–	+	+	+	+	–	+
14. <i>Cephalodella</i> sp.	–	–	–	–	–	+	–	–
15. <i>Colurella adriatica</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
16. <i>C. obtusa obtuse</i>	–	–	–	–	+	+	–	–
17. <i>C. uncinata</i>	–	–	–	+	–	–	–	–
18. <i>C. uncinata bicuspidata</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
19. <i>Dicranophorus caudatus</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
20. <i>Euchlanis dilatata dilatata</i>	+	+	+	–	+	+	–	+
21. <i>E. triquetra</i>	–	+	+	–	+	–	–	–
22. <i>E. incise</i>	–	–	–	–	–	–	–	+
23. <i>Eosphora eherenbergi</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
24. <i>Filinia longiseta</i>	–	+	+	–	+	+	–	+
25. <i>Hexarthra oxyuris</i>	–	–	–	+	+	+	+	+
26. <i>H. fennica</i> var. <i>oxyuris</i>	–	–	–	+	–	–	–	–
27. <i>Keratella cochlearis</i>	–	+	+	–	+	–	–	–
28. <i>K. c. tecta</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
29. <i>K. quadrata</i>	+	+	+	–	+	+	+	+
30. <i>K. testudo</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
31. <i>K. tropica</i> Apstein	+	–	–	–	+	+	–	–
32. <i>K. valga</i>	–	–	+	+	–	+	+	+
33. <i>Lecane luna</i>	+	+	+	–	+	+	–	+
34. <i>L. (s. str.) unguolata</i>	–	–	+	–	+	–	–	–
35. <i>Lecane</i> sp.	–	+	–	–	+	–	–	–
36. <i>L. bulla</i>	+	+	+	–	+	+	–	+
37. <i>L. cornuta</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
38. <i>L. lammelata</i>	–	–	–	+	+	–	–	+
39. <i>L. lunaris</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
40. <i>L. quadridentata</i>	–	–	+	–	–	–	–	–
41. <i>L. stenroosi</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
42. <i>L. (s. str.) plesia</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
43. <i>L. closterocerca</i>	–	–	–	–	–	–	–	+
44. <i>L. punctata</i>	–	–	–	–	–	+	–	+
45. <i>L. thalera</i>	–	–	–	–	–	–	–	+
46. <i>Lepadella. cf. p. oblonga</i>	–	–	+	–	–	–	–	–
47. <i>L. cf. patella</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
48. <i>L. cristata</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
49. <i>Lophocharis salpina</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
50. <i>Lophocharis kutikovae</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
51. <i>Mytilina mucronata</i>	+	–	–	–	+	–	–	–
52. <i>M. ventralis</i>	–	–	+	–	–	–	–	–
53. <i>Notholca acuminata</i>	+	–	+	–	+	+	+	+



Виды	Годы исследования и авторы							
	1924 [5]	1934 [6]	1950 [1]	1969 [3]	1988 [4]	1999–2000	2001	2002
54. <i>N. squamula</i>	+	–	–	–	–	–	–	+
55. <i>Platyias quadricornis</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
56. <i>P. patulus</i> Muell	–	+	–	–	+	–	–	–
57. <i>P. trigla vulgaris</i>	+	–	+	–	+	+	+	+
58. <i>Pompholyx salcata</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
59. <i>Proalides</i> sp.	–	–	–	–	–	+	–	+
60. <i>Synchaeta</i> sp.	+	–	+	–	+	+	–	+
61. <i>Testudinella bidentata</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
62. <i>T. emarginula</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
63. <i>T. patina</i>	+	+	+	–	+	+	–	+
64. <i>Testudinella elliptica</i>	–	–	–	–	–	+	–	+
65. <i>Trichocerca elongate</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
66. <i>T. longiseta</i>	+	–	+	–	–	+	–	+
67. <i>T. pusilla</i>	–	–	+	–	–	–	–	–
68. <i>Trichocerca</i> sp.	–	–	+	–	–	+	–	+
69. <i>Trichotria pocillum</i>	+	+	–	–	–	+	–	+
70. <i>Tripleuchlanis plicata</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
<b>Cladocera</b>								
1. <i>Acroperus harpae</i>	+	+	+	–	+	–	–	–
2. <i>Alona rectangula</i>	–	+	+	–	+	+	–	+
3. <i>A. quadrangularis</i>	–	+	+	–	+	–	–	–
4. <i>A. guttata</i>	+	+	–	–	–	–	–	–
5. <i>Alonella nana</i>	–	+	–	–	+	–	–	–
6. <i>A. ambigua</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
7. <i>Bosmina longirostris</i>	+	+	+	–	–	–	–	–
8. <i>D. mongolianum</i>	+	+	+	–	+	–	–	–
9. <i>Daphnia longispina</i>	–	+	+	–	–	–	–	–
10. <i>D. cucullata</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
11. <i>D. galeata</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
12. <i>D. magna</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
13. <i>Ceriodaphnia affinis</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
14. <i>C. laticaudata</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
15. <i>C. pulchella</i>	–	+	+	–	–	–	–	–
16. <i>C. turkestanica</i>	–	–	+	–	–	+	–	–
17. <i>Chydorus sphaericus</i>	+	+	+	–	+	+	–	+
18. <i>Ch. globosus</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
19. <i>Eurycercus lamellatus</i>	–	+	–	–	+	–	–	–
20. <i>Graptoleberis testudinaria</i>	–	+	–	–	+	–	–	–
21. <i>Ilyocryptus agilis</i>	–	+	–	–	+	+	–	–
22. <i>Lathonura rectirostris</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
23. <i>Leptodora kindtii</i>	+	+	+	–	–	–	–	–
24. <i>Leydigia leydigii</i>	–	+	–	–	–	+	–	+
25. <i>Macrothrix laticornis</i>	–	–	+	–	–	+	–	+
26. <i>M. spinosa</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
27. <i>Moina brachiata</i>	–	–	–	–	–	+	–	+
28. <i>M. micrura</i>	–	–	+	–	–	–	–	–
29. <i>M. salina</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
30. <i>Oxyurella tenuicaudis</i>	–	–	–	–	–	+	–	+
31. <i>Pleuroxus aduncus</i>	+	–	+	–	–	+	–	–
32. <i>P. trigonellus</i>	+	+	+	–	–	–	–	–
33. <i>Podonevadne camptonyx</i>	–	–	–	+	+	–	–	–
34. <i>Polyphemus pediculus</i>	–	+	+	–	–	–	–	–
35. <i>Rhynchotalona rostrata</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
36. <i>Sida crastallina</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
37. <i>Simocephalus serrulatus</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
38. <i>S. vetulus</i>	+	+	–	–	–	+	–	+
39. <i>Megafenestea aurita</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
40. <i>Scapholeberis mucronata</i>	–	+	–	–	+	–	–	–

Виды	Годы исследования и авторы							
	1924 [5]	1934 [6]	1950 [1]	1969 [3]	1988 [4]	1999–2000	2001	2002
<b>Сopepoda</b>								
1. <i>Acanthocyclops robustus</i>	–	–	–	–	–	+	–	+
2. <i>Apocyclops dengizicus</i>	–	–	–	–	–	+	+	+
3. <i>Cryptocyclops bicolor</i>	–	+	–	–	–	+	–	–
4. <i>Cyclops vicinus</i>	–	+	+	–	–	+	+	+
5. <i>Cyclops furcifer</i>	–	–	–	–	–	+	+	+
6. <i>C. strenuus</i>	–	–	+	–	–	–	–	–
7. <i>Cyclops</i> sp.	+	–	–	–	+	–	–	–
8. <i>Diacyclops odessanus</i>	–	–	–	–	–	–	+	+
9. <i>D. Languidus languidus</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
10. <i>Diacyclops bisetosus</i>	–	–	–	–	–	+	+	+
11. <i>Eucyclops macruroides</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
12. <i>Eucyclops serrulatus</i>	–	+	–	–	–	+	–	+
13. <i>Halicyclops rotundipes</i>	–	–	–	–	–	+	+	+
14. <i>Leptocaris</i> sp.	–	–	–	–	–	+	–	+
15. <i>Macrocyclus fuscus</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
16. <i>M. albidus</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
17. <i>Megacyclops viridis</i>	–	–	–	+	–	+	–	+
18. <i>Mesocyclops leuckarti</i>	–	+	+	–	–	–	–	–
19. <i>M. ogunnus</i>	–	–	–	–	–	+	–	+
20. <i>Microcyclus rubellus</i>	–	–	–	–	–	+	–	+
21. <i>Nitocra</i> cf. <i>hubernica</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
22. <i>Paracyclops fimbriatus</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
23. <i>Thermocyclops crassus</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
24. <i>Th. Dybowskii</i>	–	–	+	–	–	+	–	–
25. <i>Th. rylovi</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
26. <i>Arctodiaptomus salinus</i>	–	–	+	–	–	+	+	+
27. <i>Phyllodiaptomus blanci</i>	–	+	+	–	–	–	–	–
28. <i>Canthocamptus staphilinus</i>	–	–	–	+	–	–	–	–
29. <i>Cletocamptus retrogressus</i>	–	–	–	–	–	+	+	+
30. <i>Limnocletodes behningi</i>	–	–	–	+	–	–	–	–
31. <i>Onychocamptus mohammed</i>	–	–	–	+	–	+	–	+
32. <i>O. bengalensis</i>	–	–	–	–	–	+	+	+
33. <i>Schizopera aralensis</i>	–	–	–	–	–	+	+	+
34. <i>Schizopera setulosa</i>	–	–	–	–	–	+	+	+

Индикаторными видами для озер с минерализацией до 3 г/л до ее резкого повышения являлись: *Brachionus angularis*, *B. plicatilis plicatilis*, *L. (Monostyla) bulla*, *Notholca acuminata*, *Euchlanis dilatata*, *Filinia longiseta*, *Trichocerca* sp., *Keratella quadrata*, *K. tropica*, *K. valga*, *Hexarthra oxyuris*, *Synchaeta* sp., *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Cyclops vicinus*, *Cyclops furcifer*, *Acanthocyclops robustus*, *Arctodiaptomus salinus*, *Eucyclops serrulatus*, *Onychocamptus mohammed*. В зарослях также отмечены коловратки *Lecane plesia*, *L. stenroosi*, *L. cf. punctata*, *Lepadella* cf. *patella*, *Trichotria pocillum*, циклоп *Megacyclops viridis*. Ветвистоусые рачки встречались единично: *Ceriodaphnia turkestanica*, *Daphnia galeata*, *D. (Ctenodaphnia) magna*, *Ilyocryptus agilis*, *Leydigia leydigii*, *Macrothrix laticornis*, *Oxyurella tenuicaudis*, *Pleuroxus aduncus*, *Simocephalus vetulus*. Летом 2002 г. при поступлении большого количества воды отмечено массовое развитие кладоцеры *Moina brachiata* на мелководьях озер Бегдулла-Айдын и Большое Судочье.

В 2001 г. таксономическое разнообразие зоопланктона ветланда Судочье резко снизилось до 17 видов: 9 видов коловраток и 8 видов веслоногих рачков. При высокой минерализации индикаторными были виды: *B. q. quadridentatus*, *Brachionus plicatilis*, *B. p. rotundiformes*, *Testudinella elliptica*, *Arctodiaptomus salinus*, *Apocyclops dengizicus*, *Diacyclops odessanus*, *Halicyclops rotundipes*, *Cletocamptus retrogressus*, *Onychocamptus bengalensis*, *Schizopera aralensis*.

В таксономическом отношении наиболее разнообразны были коловратки. В ходе осолонения озер доля коловраток и кладоцер в разнообразии зоопланктона постоянно снижалась, а доля copepod возрастала. Динамика видового разнообразия изначально галотолерантного сообщества зоопланктона в минерализованном оз. Акушпа (18–70 г/л) имела тренд весеннего увеличения и



осеннего снижения видового разнообразия (за счет группы копепод). В то же время в других озерах ветланда динамика видового разнообразия в 2000–2001 гг. была нарушена в результате выпадения стеногалинных видов, которые до повышения минерализации в озерах составляли основу их сообществ при минерализации <3 г/л. Галотолерантными видами эти сообщества стали обогащаться только к концу 2001 г. Так, на этом этапе исследования зоопланктон всех озер состоял из одних и тех же галотолерантных видов, а изменение видового разнообразия зоопланктона было очень слабо выражено.

Поступление большого количества воды летом и осенью 2002 г. привело к резкому увеличению разнообразия зоопланктона за счет интенсивного развития стеногалинных пресноводных видов, среди которых самыми разнообразными были коловратки. В свою очередь, необратимые изменения видового состава зоопланктона к осени 2002 г. были характерны для пересохшего оз. Акушпа, из его зоопланктонного состава выпали гарпактициды.

В сравнении с серединой прошлого века, по данным исследователей [1, 5, 6], по нашим данным и других авторов [3, 4], из сообщества зоопланктона оз. Судочье выпал комплекс пресноводных ракообразных: *Phylloidiaptomus blanci*, *Macrocyclus fuscus*, *M. albidus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops strennus*, *Sida cristallina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *C. affinis*, *C. reticulata*, *C. pulchella*, *Scapholeberis mucronata*, *Bosmina longirostris*, *Polyphemus pediculus*, *Leptodora kindtii* и представители арало-каспийской фауны: *Podonevadne camptonyx* и *Polyphemus pediculus*, а также 11 видов из семейства хидорид: *Acroperus harpae*, *A. angustus*, *Anchistropus emarginatus*, *Alona quadrangula*, *A. exise*, *A. davidi*, *A. guttata*, *A. cambouei*, *Alonella nana*, *A. ambigua*, *Camptocercus rectirostris*, *Chydorus globus*, *Eurocercus gracilis*, *Lathonura rectirostris*, *Pleuroxus trigonellus*, *P. laevis*, *P. strennus*, *Rhynchotaloma rostrata*, *Dunhevedia crassa*, *Biapertura affinis*.

### Заключение

При повышении общего уровня минерализации воды в сравнении с серединой прошлого века уменьшается видовое разнообразие фитофильного стеногалинного комплекса ракообразных в озерах ветланда Судочье, а доминирующее положение занимают следующие галофильные планктонные виды коловраток и циклопов: *Brachionus plicatilis*, *Hexarthra oxyuris*, *Testudinella elliptica*, *Synchaeta vorax*, *Apocyclops dengizicus*, *Diacyclops bicuspidatus odessanus*, *D. languidus*, *Halicyclops rotundipes*, *Clethocampus retrogressus*, *Nitocra cf. hibernica*, *Onychocamptus bengalensis*, *Schizopera aralensis*.

Исследование озер ветланда Судочье (1999–2002 гг.) показало, что в настоящее время ветланд является реинтродуктом для исчезнувших в результате усыхания дельты и повышения уровня минерализации воды видов зоопланктона. Обеспечивая проточность ветланда Судочье, который является концевым в озерной системе, можно было бы поддержать минерализацию воды ветланда на уровне 3–5 г/л, сохраняя биологическое разнообразие этой водной экосистемы на устойчивом уровне.

### Литература

1. Акатова Н. А. Материалы к изучению зоопланктона низовьев р. Аму-дарьи // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. М.; Л., 1950. Т. IX, вып. 1. С. 79–89.
2. Апарин В. Б. Гидрохимические особенности Судочинского ветланда в условиях экологического стресса // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря. Алмааты; Ташкент, 2003. С. 363–368.
3. Дарибаев А. К. Зоопланктон озер Судочье и Каратерень // Журн. гидробиол. Киев, 1969. № 5 (4). С. 103–107.
4. Казахбаев С. К. Современное состояние зоопланктона оз. Судочье // Структура сообществ гидробионтов в низовьях Амударьи. Ташкент, 1988. С. 29–38.
5. Карзинкин Г. С. Планктон юго-западного угла Аральского моря // Русский гидробиол. журн. 1924. № 1–2. С. 30–40.
6. Никольский Г. В., Панкратова В. Я. Некоторые данные по гидрологии, гидробиологии и ихтиологии Айбугирской котловины (Судочье озеро) // Тр. отд. Всесоюз. ин-та рыбн. хоз-ва. 1934. Т. 3.

# ВЛИЯНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ *POTAMOGETON PUSILLUS* И *CERATOPHYLLUM DEMERSUM* НА МИКРООРГАНИЗМЫ

Е. А. Курашов, Г. Г. Митрукова

Институт озерадения РАН

## Введение

Душистые вещества известны человеку с глубокой древности. Дошедшие до нас памятники культуры прошлых тысячелетий свидетельствуют о широком применении обладающих запахом веществ в эстетических, гигиенических и медицинских целях [7].

Эфирные масла – смесь душистых летучих веществ, образующихся в растениях и относящихся к различным классам органических соединений. Среди них встречаются углеводороды, спирты, кетоны и кетали, альдегиды и ацетали, фенольные соединения, лактоны, кислоты, простые и сложные эфиры и другие вещества [5]. Обычно эфирные масла содержат от нескольких десятков до нескольких сотен природных компонентов. Основу масла составляют макрокомпоненты, содержание которых составляет от одного до нескольких десятков процентов, и микрокомпоненты, содержащиеся в десятых, сотых и даже тысячных долях процента [5]. Эфирные масла обладают физиологической активностью, т. е. ингибирующими или стимулирующими свойствами [4]. Первые исследования ингибирующих свойств, в частности антибактериальной активности, водных и прибрежно-водных растений были начаты Ф. А. Гуревичем еще в 40-х гг. XX в. [2]. К сожалению, количество видов высших водных растений, для которых установлена бактерицидная активность для патогенной микрофлоры, ограничено, и необходимо продолжать данные исследования.

## Материалы и методы

Цель нашей работы – исследовать антибактериальную активность летучих низкомолекулярных органических веществ (ЛНОВ) высших водных растений – рдеста маленького (*Potamogeton pusillus*) и роголистника темно-зеленого (*Ceratophyllum demersum*).

Эфирные масла получены стандартным методом Клевенджера путем перегонки растительного материала с водяным паром и последующего измерения объема полученного масла, выраженного в процентах по отношению к абсолютно сухому сырью (ГОСТ 24027.2-80 [1]). Перед перегонкой собранный растительный материал измельчался в блендере Waring BB-25ES (производитель – Waring, США).

Состав ЛНОВ растений выявлялся в нашей работе на хромато-масс-спектрометрическом комплексе TRACE DSQ II с квадрупольным масс-анализатором. Масс-спектры снимались в режиме сканирования по полному диапазону масс (30–580 m/z) в программированном режиме температур с последующей пошаговой обработкой хроматограмм. Идентификация обнаруженных веществ проводилась с использованием баз масс-спектров «NIST-2005» и «Wiley». Количественный анализ выполнялся с использованием внутренних стандартов: декафлуоробензофенона, бензофенона и метилстеарата.

Определение чувствительности микроорганизмов к ЛНОВ осуществлялось стандартными методами определения чувствительности микроорганизмов к антибактериальным веществам (МУК 4.12.1890-04 [6]).

## Результаты и обсуждение

Определение качественного и количественного состава эфирных масел показало, что основными компонентами рдеста маленького являются манол, биформен и дибутил фталат. Эфирное масло роголистника темно-зеленого, по нашим данным, содержит в 3 раза больше ЛНОВ, чем рдеста маленького (более 176 веществ), из которых  $\alpha$ -эудесмол,  $\beta$ -эудесмол, биформен, манол, пентадеканон и некоторые другие присутствуют в количестве более 1% (табл.).

Нами проводилось исследование антибактериальной активности высших водных растений, рдеста маленького и роголистника темно-зеленого, в отношении микроорганизмов – *Escherichia coli* и *Pseudomonas fluorescens*. Для определения чувствительности бактерий к растительным экстрактам нами применялся диско-диффузионный метод (ДДМ). При определении чувствительности ДДМ использовался стандартный инокулюм, содержащий примерно  $10^8$  КОЕ/мл.

### Состав эфирных масел *C. demersum* и *P. pusillus*

Вещества (сбор 09.07.2009 г.)	<i>C. demersum</i>		<i>P. pusillus</i>	
	Концентрация вещества, мг/л	Относительное количество, %	Концентрация вещества, мг/л	Относительное количество, %
$\alpha$ -ionone	13,88	2,78	—	—
$\tau$ -eudesmol	19,24	3,86	—	—
$\beta$ -eudesmol	34,93	7,00	—	—
$\alpha$ -eudesmol	35,56	7,13	—	—
2-pentadecanone, 6, 10, 14-trimethyl	29,34	5,88	—	—
Biformen	19,31	3,87	231,34	27,96
Dibutyl phthalate	44,26	8,87	—	—
Kaurene	—	—	50,50	6,10
Manool	38,40	7,70	459,64	55,56
Всего веществ (неидентифицированные до химической формулы)	176/12		40/2	
Суммарная концентрация эфирного масла в гексановом экстракте, мг/л	498,87		826,20	
Суммарная концентрация эфирного масла в сухом сырье, мг/г	0,062		0,138	

Полученные результаты показывают, что как рдест маленький, так и роголистник темно-зеленый обладают антибактериальным действием, причем чувствительность *P. fluorescens* к компонентам растительных экстрактов роголистника выше, чем у *E. coli*. Так, средняя зона задержки роста *P. fluorescens* при пропитке диска 0,3 мл экстракта, содержащего 0,24 мг активных веществ, составляла 12 мм, а *E. coli* – 9,5 мм. Антибактериальная активность рдеста маленького примерно одинаковая в отношении как *P. fluorescens*, так и *E. coli* (рис.).



Таким образом, аллелохимические агенты рдеста маленького и роголистника темно-зеленого обладают антибактериальной активностью в отношении *P. fluorescens* и *E. coli*.

### Заключение

Результаты анализа макрофитно-бактериальных взаимоотношений в водных биоценозах могут быть использованы для биологического обеззараживания водоемов от патогенной и условно-патогенной микрофлоры, разработки мер предосторожности при строительстве животноводческих комплексов, индикации состояния водных экосистем. Данные по составу ЛНОВ водных макрофитов могут найти применение в фармакологической промышленности, медицине, для получения ценного растительного сырья и т. д. Поэтому необходимы дальнейшие исследования бактериально-макрофитных взаимоотношений в биоценозах.

### Литература

- ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла.
- Гуревич Ф. А. Роль фитонцидов во внутренних водоемах // Водные ресурсы. 1978. № 2. С. 133–142.
- Гуринович Л. К., Пучкова Т. В. Эфирные масла: химия, технология, анализ и применение. М., 2005. 192 с.
- Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Фитоценология: Учебное пособие. СПб., 1997. 316 с.

5. Ладыгина Е. Я., Сафронич Л. Н., Отряшенкова В. Э. и др. Химический анализ лекарственных растений: Учебное пособие / Под ред. Н. И. Гринкевич, Л. Н. Сафронич. М., 1983. 176 с.

6. Методические указания МУК 4.12.1890-04. Методические указания по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. М., 2004. 71 с.

7. Усов А. П., Крапивина М. Г. Химия душистых и биологически активных веществ. Терпеноиды: Учебное пособие. Краснодар, 2003. 124 с.

## **СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА ДНЕПРА**

**Т. П. Липинская**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам*

Учитывая современный опыт водного хозяйства, гидрологических расчетов и исследований, к малым водотокам следует отнести реки длиной до 250 км, водосборной площадью до 10 тыс. км<sup>2</sup>, среднесуточным расходом воды до 20 м<sup>3</sup>/с и отражением в гидрологическом режиме преимущественного воздействия местных факторов формирования стока [2].

Речная сеть Беларуси включает 20,8 тыс. рек и ручьев общей длиной 90,6 тыс. км. Как по протяженности, так и по количеству преобладают малые реки и ручьи [1]. В основном исследования и контроль качества воды осуществляются на некоторых створах наиболее крупных рек. В то же время режим малых рек в наибольшей степени отражает специфические региональные условия, поскольку они из-за малой водности концентрируют в донных осадках все, что смыывается с их водосборной площади. В свою очередь, условия в водотоках отражаются на таксономической и трофической структуре макрозообентоса.

После принятия Европейским Сообществом Рамочной Водной Директивы (WFD) в 2000 г., в странах ЕС началось активное внедрение для оценки и мониторинга качества поверхностных вод методов биоиндикации. Для целей биоиндикации применяются различные биотические индексы, основанные на соотношении и индикационных свойствах отдельных видов и таксономических групп макрозообентоса. В различных регионах одинаковые таксономические группы могут иметь различную индикационную значимость или отсутствовать в фаунистическом составе данного региона, поэтому универсальных индексов не существует, и они требуют региональной адаптации. В связи с этим необходимы региональные исследования структуры сообщества макрозообентоса.

Исследования проведены в бассейне р. Днепр – река Уша (река 2-го порядка), Бобр (река 3-го порядка), Гайна (река 4-го порядка). Выбор створов был произведен таким образом, чтобы на данных участках рек отсутствовали прямые источники загрязнений, а сама река характеризовалась естественным режимом (отсутствие мелиоративных мероприятий). Рассматриваемый регион малоизучен с точки зрения макрозообентоса, поэтому проведенные исследования позволили расширить представление о биологическом разнообразии фауны рек.

Проведен отбор количественных и качественных проб макрозообентоса в осенний период (октябрь 2010 г.) по стандарту ISO 7828 с помощью ручного гидробиологического сачка. Пробы отбирали в прибрежной зоне, на глубине 0,5–0,7 м. Для каждого створа был заполнен протокол описания ландшафта (координаты, погодные условия, ближайший населенный пункт, окружающие земли и др.), гидрологических (тип течения, скорость течения, температура, тип субстрата и его описание, гранулометрическое описание субстрата и т. д.), гидрохимических (растворенный O<sub>2</sub>, pH, электропроводность) и гидробиологических (описание растительности в точках отбора проб и на берегах) параметров. Дополнительно брали пробы для лабораторного определения следующих характеристик: концентрации Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Fe<sub>общ.</sub>, Cl<sub>св.</sub>. Полученные данные по макрозообентосу проанализированы с помощью системы для экологического анализа рек Asterics 3.0 проекта AQUEM/STAR.

Анализ результатов гидрохимического обследования изученных створов показал, что в ряде случаев некоторые параметры превышали предельно допустимые концентрации (ПДК) для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Содержание азота (нитратного и аммонийного) на всех

**Таксономическая структура сообщества макрозообентоса и количество видов гидробионтов в отдельных таксонах**

№ п/п	Тип	Класс	Количество		
			семейств	родов	видов
1	PLATHELMINTHES	Oligochaeta	1	—	—
2	ANNELIDAE	Hirudinea	2	2	2
3	MOLLUSCA	Bivalvia	1	1	—
		Gastropoda	5	9	13
4	ARTHROPODA	Crustacea	2	2	3
		Insecta	28	30	32
Всего	4	6	39	44	50

током можно считать р. Уша, в которой наблюдались минимальные величины этого показателя в осенний период.

Основным типом донных отложений на всех створах был заиленный песок, за исключением створа на р. Уша.

Донные биоценозы рек характеризовались богатой и разнообразной фауной макрозообентоса, в которой представлены все основные таксономические группы донных организмов.

В результате проведенных исследований выявлено 50 видов водных беспозвоночных, относящихся к 44 родам, 39 семействам, 6 классам, 4 типам (табл. 1). Надо отметить, что определение отдельных систематических групп, таких как Oligochaeta, Diptera и некоторых других, ограничивалось крупными таксонами.

Самой многочисленной по видовому составу таксономической группой среди изученных гидробионтов оказались представители класса насекомых – 64% (от общего числа всех видов водных беспозвоночных). Всего обнаружено 32 вида насекомых, относящихся к 6 отрядам: Heteroptera – 11 видов, Odonata – 4, Trichoptera – 7, Ephemeroptera – 5, Coleoptera – 4 и Lepidoptera – 1. Наибольшее видовое богатство характерно для отряда водных клопов – 34,38% (от всех выявленных насекомых в исследуемых реках); значительная доля приходится на ручейников – 21,88%. Следует отметить, что среди изученных насекомых более трети – 37,5% – составляют виды, относящиеся к реофильному комплексу (ручейники и поденки).

В разных реках количество найденных видов варьировало от 20 до 27 и мало зависело от порядка реки (табл. 2). Так, наибольшее количество таксонов было в реке второго порядка (Уша), а наименьшее – в реке четвертого порядка (Гайна).

*Таблица 2*

**Таксономическая структура сообщества макрозообентоса изученных рек, %**

Таксономическая группа	Гайна	Бобр	Уша
п семейств	21	27	28
п родов	26	32	35
п видов	20	27	26
Gastropoda	2,75	65,07	29,75
Bivalvia	3,06	3,43	0,72
Oligochaeta	0	0	0,36
Hirudinea	0,61	0	0,36
Crustacea	16,21	5,14	0,72
Ephemeroptera	47,40	1,03	47,67
Odonata	1,529	12,671	10,753
Heteroptera	1,84	2,40	2,87
Trichoptera	2,14	4,80	1,79
Lepidoptera	0,31	1,71	0,36
Coleoptera	0	2,40	1,43
Diptera	23,85	1,37	2,87
Others	0,31	0	0,36
ЕРТ	49,54	5,82	49,46
Индикаторы	10	8	10

исследованных створах находилось в пределах нормы, и только в р. Гайна обнаружены высокие концентрации аммонийного азота.

В Европейской рамочной директиве [9] одним из обязательных показателей для определения гидрохимического качества воды является электропроводность. Принято считать, что чем ниже электропроводность воды, тем она чище. С этой точки зрения наиболее чистым водо-

исследованных створах находилось в пределах нормы, и только в р. Гайна обнаружены высокие концентрации аммонийного азота.

Количество таксонов-индикаторов качества воды достаточно близко на изученных реках, что говорит о высоком экологическом качестве их вод.

На малых реках был проведен анализ трофической структуры сообщества макрозообентоса. По типу питания представители макрозообентоса относились к различным экологическим группам: соскребателям, минерам, размельчителям, собирателям, фильтраторам-собирателям, пассивным фильтраторам, хищникам, паразитам и другим группам (табл. 3).

В трофической структуре сообщества макрозообентоса изучаемых рек представители собирателей и соскребателей занимали лидирующее место, доля их варьировала от 48,83%

## Трофическая структура макрозообентоса

Тип питания	Гайна	Бобр	Уша
Соскребатели	29,97	31,47	33,66
Минеры	0,52	0,10	0,29
Размельчители	5,08	13,94	3,51
Собиратели	31,87	17,36	36,38
Фильтраторы-собиратели	4,10	5,51	8,46
Пассивные фильтраторы	18,81	0,92	0,72
Хищники	5,72	18,39	13,26
Паразиты	0,52	0,10	0,65
Другие	0,37	7,74	2,37

(р. Бобр) до 70,04% (р. Уша). Количество хищников изменялось от 5,72% до 18,39%. Увеличение доли собирателей, а также уменьшение доли соскребателей и хищников указывает на то, что трофическая структура макрозообентоса упрощается в связи с изменением экологического качества воды.

При изучении рек нами был выявлен ряд так называемых «значимых видов» водных беспозвоночных – к ним относятся виды-индикаторы состояния водной среды: *Brachycentrus subnubilus* Curtis 1834, *Simuliidae* gen. sp. Наличие или отсутствие этих групп животных может быть использовано как один из критериев определения эталонных створов при оценке экологического качества воды.

Среди выявленных гидробионтов восемь видов оказались охраняемыми в сопредельных странах или требующими внимания в Беларуси.

К охраняемым в Европе видам относятся *Brachycentrus subnubilus* Curtis 1834, который является широко распространенным видом в Палеарктике, населяет реки. Входит в Красные списки Германии – категория охраны VU [5] и Венгрии – категория охраны VU [8]. *B. subnubilus* обнаружен в реках Бобр и Уша.

*Semblis phalaenoides* (Linnaeus 1758) обитает в стоячих или проточных водоемах, обычно с гуминовыми темными водами. Занесен в Красную книгу Литвы [4] и Латвии, редкий вид в Эстонии [6], находится в критическом состоянии в Норвегии [7]. Обнаружен нами в р. Уша.

*Notidobia ciliaris* (Linnaeus 1761) населяет малые реки и ручьи с чистой водой. Редкий вид в Эстонии, уязвимый в Венгрии, находится в критическом состоянии в Норвегии. Обнаружен нами в р. Бобр.

*Limnephilus rhombicus* (Linnaeus 1758), *Hydropsyche siltalai* Doehler 1963 и *Orthotrichia costalis* (Curtis 1834) – виды ручейников, уязвимые в Венгрии. Обнаружили в р. Бобр.

*Neureclipsis bimaculata* (Linnaeus 1758) – вид ручейников, уязвимый в Венгрии. Обнаружили в реках Бобр и Гайна.

## Литература

1. Блакітная кніга Беларусі: Энцыкл. / Беларус. Энцыкл.; Рэдкал.: Н. А. Дзісько і інш. Мінск, 1994. 415 с.
2. Колбовский Е. Ю., Жихарев А. М. Полевая экология: изучаем малые реки. 1. Ярославль, 2000. 100 с.
3. Красная Книга Украины. Животный свет: / Редкол.: М. М. Щербак и др. Киев, 1994. 464 с.
4. Balevičius K. Red Data Book of Lithuania. Rare and Endangered Species of Animals, Plants and Fungi. Vilnius, 1992.
5. Klima F. Rote Liste der Köcherfliegen (Trichoptera) // Bundesamt für Naturschutz. Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. 1998. N 55. P. 112–118.
6. Lilleleht V. Red data Book of Estonia // Commission for Nature Conservation of the Estonian Academy of Sciences, 2001–2002. – Mode of access: <http://www.zbi.ee/punane/english/index.html>. – Date of access: 24.12.2010.
7. Markku S. Norwegian Trichoptera checklist // Mode of access: <http://www.funet.fi/pub/sci/bio/life/warp/insects-list.html>. – Date of access: 24.12.2010.
8. Nogradi S., Uherkovich A. Protected and threatened caddisflies (Trichoptera) of Hungary // Proceedings of the 9th International symposium on Trichoptera. 1998. P. 291–297.
9. REFCOND. Development of a Protocol for Identification of Reference Conditions, and Boundaries between High, Good and Moderate Status in Lakes and Watercourses. Produced by CIS Working Group. REFCOND. 2003. Final version 7.0. [www.minenv.gr/pinios/00/odhgia/7th\\_draft\\_refcond\\_final.pdf](http://www.minenv.gr/pinios/00/odhgia/7th_draft_refcond_final.pdf).

# ЗАРАСТАНИЕ ОЗЕР В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕРНОЙ (ПУДОЖСКИЙ РАЙОН)

Д. В. Немцева<sup>1</sup>, М. С. Богданова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Карельская государственная педагогическая академия

<sup>2</sup> Институт водных проблем Севера КарНЦ

## Введение

Интенсивная хозяйственная деятельность на территории водосборов малых озер заметно ускоряет скорость процесса зарастания водоемов. Это в первую очередь связано с поступлением в водоемы питательных веществ и продуктов эрозии с водосбора, испытавшего на себе антропогенные преобразования (сплошные вырубki леса, осушительная мелиорация, распашка земель, внесение удобрений). В таких водоемах возникают своеобразные экологические условия, которые способствуют активному развитию высшей водной растительности и зарастанию озер, приводя к изменению структуры озерной экосистемы в целом [6].

## Материалы и методы

В качестве объекта исследования был выбран зарастающий водоем – оз. Карельское, водосбор которого в значительной степени был осушен. В летние периоды 2009 и 2010 гг. на оз. Карельском были проведены полевые исследования по изучению морфометрии озера, видового состава высшей водной растительности, а также особенностей берегов водоема (ширина сплавины, мощность торфа, растительные сообщества). Было проведено картографирование и фотофиксация водных и прибрежных растительных ассоциаций.

## Результаты и обсуждение

Изучение водоемов на водосборе р. Черной в 70-х гг. XX в. проводили сотрудники отдела водных проблем Карельского филиала АН СССР (ныне Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН). Вопросами гидрологии занимался В. А. Фрейндлинг [4], высшей водной растительностью – Е. А. Ключкина [1], зоопланктоном – З. И. Филимонова [3], гидрохимией – Н. С. Харкевич и А. Н. Афолина [5]. Результаты этих работ обобщила Т. П. Куликова в своей монографии «Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера» [2].

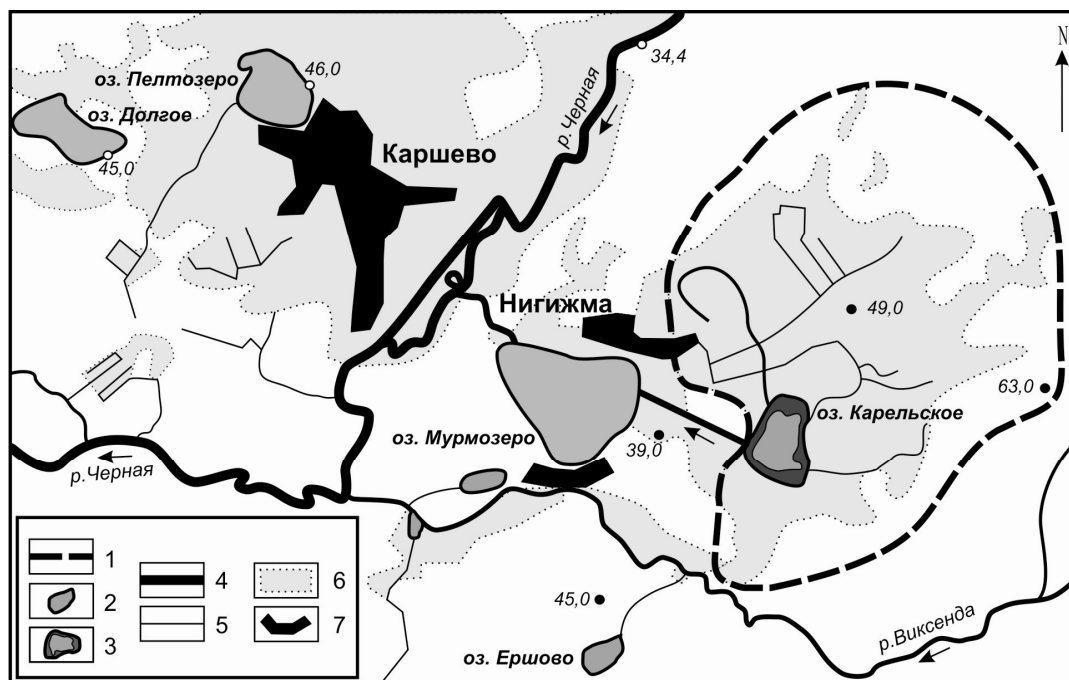


Рис. 1. Водосбор оз. Карельского:

1 – границы водосбора оз. Карельского; 2 – озера; 3 – сплавина; 4 – реки; 5 – мелиоративная сеть; 6 – сельскохозяйственные угодья; 7 – территория малоэтажной застройки



Таблица 1

**Морфометрия оз. Карельского и его водосбора**

Площадь озера (по карте и космическому снимку)	610 м <sup>2</sup>
Фактическая площадь зеркала озера (по космическому снимку)	320 м <sup>2</sup>
Площадь прибрежных зарослей	300 м <sup>2</sup>
Протяженность прибрежных зарослей	100%
Длина береговой линии озера (по карте)	3,1 км
Фактическая длина береговой линии без зарослей (по космическому снимку)	2,4 км
Длина озера	1,1 км
Средняя ширина озера	0,7 км
Максимальная глубина озера	2 м
Средняя глубина озера	1 м
Площадь водосбора	25 км <sup>2</sup>
Степень зарастания береговой линии (отношение длины береговой линии с оконтуренной полосой растительности к общей длине берегов)	77,5%
Степень зарастания озера (отношение площади зарослей к площади водного зеркала водоема или его участка)	50%

На территории бассейна р. Черной, юго-восточного притока Онежского озера, насчитывается 16 озер: Мурмозеро (площадь 1,15 км<sup>2</sup>), Пелтозеро (0,42 км<sup>2</sup>), Карельское (0,6 км<sup>2</sup>), Долгое (0,38 км<sup>2</sup>), Ершово, Черное, Белое и несколько более мелких водоемов. В этих озерах наблюдается высокое содержание автохтонного органического вещества; в оз. Карельском оно является продуктом разложения высшей водной растительности. Озера, наиболее богатые органическим веществом, характеризуются значительными концентрациями в воде органических форм азота (0,70–2,80 N/л), меньше – фосфора (0,036–0,205 мг P/л) [5].

Объектом данного исследования было выбрано оз. Карельское (рис. 1), его второе название – Карчагинское. В окрестностях водоема расположены населенные пункты Каршево и Нигижма, административно относящиеся к Пудожскому району Республики Карелия.

На водосборе озера распространены ландшафты озерных и озерно-ледниковых равнин разной степени дренажа, в том числе и окультуренные, а также осушенные торфяники. Более 50% территории водосбора занимают луга.

Процесс активного зарастания этого водоема произошел практически на глазах одного поколения местных жителей. Водосбор оз. Карельского подвергался неоднократному хозяйственному воздействию – осушительной мелиорации и сельскохозяйственному использованию. Кроме того, из озера был прорыт канал в оз. Мурмозеро, вследствие чего уровень оз. Карельского заметно понизился, что привело к увеличению скорости его зарастания.

Результаты полевых и камеральных исследований морфометрии оз. Карельского и его водосбора приведены в табл. 1.

Высшие водные растения в экосистеме озера являются источником органических веществ и продуцентами кислорода. Кроме того, с помощью макрофитов-индикаторов можно определить трофический статус водоема. Высшая водная растительность в оз. Карельском развивается очень обильно (рис. 2).



Рис. 2. Зарастающее оз. Карельское

Таблица 2

## Видовой состав растительности оз. Карельского

Русское название	Латинское название
Вахта трехлистная	<i>Menyanthes trifoliata</i> L.
Гравилат речной	<i>Geum rivale</i>
Ежеголовник	<i>Sparganium</i> sp.
Зюзник европейский	<i>Lycopus europaeus</i> L.
Камыш озерный	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla ( <i>Scirpus lacustris</i> L.)
Кизляк кистецветный	<i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Reichenb.
Кубышка желтая	<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith
Кувшинка	<i>Nymphaea</i> sp.
Многокоренник обыкновенный	<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.
Осока	<i>Carex</i> sp.
Рдест	<i>Potamogeton</i> sp.
Рдест плавающий	<i>Potamogeton natans</i> L.
Рогоз широколистный	<i>Typha latifolia</i> L.
Ряска трехдольная	<i>Lemna trisulca</i> L.
Сабельник болотный	<i>Comarum palustre</i> L.
Стрелолист плавающий	<i>Sagittaria natans</i> Pall.
Телорез алоэвидный	<i>Stratiotes aloides</i> L.
Тростник	<i>Phragmites</i>
Хвощ топяной	<i>Equisetum fluviatile</i> L.

распространены кубышковые и рдестовые растительные сообщества. Общее проективное покрытие гидрофитов в 2010 г. достигало 60–75% от площади зеркала. Возможно, такое обильное развитие растительности вызвано аномально жарким летом. Список видового состава водной и прибрежной растительности озера приведен в табл. 2.

На процесс зарастания оз. Карельского большое влияние оказало антропогенное воздействие, связанное с понижением уровня озера и поступлением большого количества питательных веществ с территории водосбора по мелиоративной сети, которое вызвало обильное развитие макрофитов. В результате проведенных на оз. Карельском исследований можно сделать вывод о том, что данный водоем является эвтрофным. В дальнейшем планируется продолжение исследований водоема и ландшафтной структуры его водосбора.

## Литература

1. Клюкина Е. А. Геоботаническая характеристика озер восточного побережья Онежского озера // Водные ресурсы Карелии и пути их использования. Петрозаводск, 1970. С. 173–184.
2. Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера. Петрозаводск, 2007. 222 с.
3. Филимонова З. И. Научный отчет по теме: «Исследование вод озерно-речных систем Карелии в связи с их народнохозяйственным использованием (восточное побережье Онежского озера)». Раздел «Зоопланктон». Карельский отдел гидрологии и водного хозяйства СевНИИГиМ. Петрозаводск, 1966. Т. 1: Северная группа озер. 189 с.; Т. 2: Южная группа озер. 251 с.
4. Фрейндлинг В. А. Гидрология водоемов восточного побережья Онежского озера // Водные ресурсы Карелии и пути их использования. Петрозаводск, 1970. С. 150–172.
5. Харкевич Н. С., Афонина А. Н. Особенности гидрохимии озер Пудожского района // 5-я сессия Ученого совета по проблеме «Теоретические основы рационального использования, воспроизведения и повышения рыбных и нерыбных ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии»: Тез. докл. Петрозаводск, 1965. С. 101–103.
6. Экология зарастающего озера и проблема его восстановления. СПб., 1999. 223 с.

По данным исследований высшей водной растительности, в 70-х гг. XX в. площадь, занимаемая макрофитами, составляла 55% [1]. Анализ космических снимков позволил рассчитать степень зарастания озера: линейное – 77,5% и площадное – 50%. По данным полевых исследований в 2009 и 2010 гг. на озере было выделено несколько зон зарастания:

- 1) зона прибрежных влаголюбивых растений;
- 2) зона воздушно-водных растений, или гелофитов;
- 3) зона гидрофитов с плавающими листьями;
- 4) зона погруженных гидрофитов;
- 5) зона придонных гидрофитов.

По берегам озера распространены ивовые тростниково-хвощово-камышевые с редкой березой растительные ассоциации. Как правило, в видовом составе этих сообществ участвуют камыш, вахта трехлистная и осоки sp. В центральной части акватории озера

# СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ИНВАЗИОННОГО ВИДА *GMELINOIDES FASCIATUS* (STEBBING) В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

А. И. Сидорова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

## Введение

Проблема инвазионных видов в водных экосистемах обостряется с каждым годом. Явление, когда чужеродные виды угрожают биологическому разнообразию и стабильности экосистем, называется «биологическим загрязнением» [4, 9]. Для экосистемы Онежского озера данная проблема стала актуальной к 2001 г., когда впервые обнаружили вселенца *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) [3]. Байкальская амфипода успешно расселилась в литоральной зоне к 2007 г., коренным образом изменила структуру литоральных популяций, повысила их продуктивность и тем самым кормовую базу рыб, таких как лещ, елец, окунь. С другой стороны, чужеродный вид является промежуточным хозяином нескольких видов паразитов рыб [1]. К настоящему времени чужеродный вид *G. fasciatus* распространился практически по всему Онежскому озеру, стал доминирующим видом в литоральной зоне, северная граница ареала на европейской части России достигла 63° с. ш. (широта северной части Повенецкого залива) [6]. Исходя из сказанного, актуальной становится проблема изучения роли *G. fasciatus* в экосистеме Онежского озера.

Цель настоящей работы – определить некоторые показатели популяции чужеродного вида *G. fasciatus* в условиях литорали Онежского озера. Задачи, которые решали в ходе исследования: оценить динамику численности и биомассы *G. fasciatus*; исследовать структуру его популяции и рассчитать ориентировочную величину продукции популяции в литоральной зоне Петрозаводской губы Онежского озера.

## Материал и методы исследования

В работе использовались данные, полученные с помощью количественной рамки (площадь 387 см<sup>2</sup>) на литорали Петрозаводской губы с июня по июль 2005 г. и с мая по июль 2008 г. в районе городского водозабора (МУП «Водоканал»). Зона отлова представлена каменистой прибойной литоралью с примесью песка. Сборы проводились на глубине 0,3 м из 5 точек, находящихся друг от друга на расстоянии примерно 1 м. Температура воды в исследованном биотопе изменялась в пределах 8–19 °С.

Амфипод фиксировали в 70%-ном этиловом спирте, а затем измеряли под стереомикроскопом МБС-9 с точностью до 0,1 мм и взвешивали на торсионных весах с точностью до 0,5 мг. Всего обработали 144 гидробиологические пробы (в 2005 г. – 70 и в 2008 г. – 74), было измерено около 3000 особей.

Ориентировочную величину продукции рассчитывали физиологическим методом. Для расчета скорости потребления кислорода (СПК) применили уравнение Д. В. Баркова [2], которое было рассчитано для вида *G. fasciatus* в условиях Ладожского озера:

$$Q = 0,299W_i^{0,764},$$

где  $Q$  – СПК, мл  $O_2 \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ;  $W_i$  – масса особей, г.

Траты на обменные процессы популяции ( $R$ ) и ориентировочную продукцию популяции ( $P$ ) определили по стандартной методике [7].

$$P = R \cdot K_2 / (1 - K_2),$$

где  $P$  – продукция популяции, кал/м<sup>2</sup>сут;  $R$  – траты на обмен, кал/м<sup>2</sup>сут;  $K_2$  – эффективность использования ассимилированной пищи на рост. В расчетах  $K_2 = 0,2$ .

Интегральную продукцию *G. fasciatus* за период исследования вычисляли методом суммирования площадей трапеций [10].

$$P(t_0, t_n) = 1/2 \sum (P_n + P_{n-1})(t_n - t_{n-1}),$$

где  $P(t_0, t_n)$  – интегральная продукция за данный период ( $t_0, t_n$ ), кал/м<sup>2</sup>;  $P_n$  – продукция в момент времени  $t_n$ , кал/м<sup>2</sup>;  $P_{n-1}$  – продукция в предшествующий момент времени  $t_{n-1}$ , кал/м<sup>2</sup>.

Для оценки характера распределения организмов по размерам и соотношению самцов и самок применялся критерий  $\chi^2$  [5]. При всех расчетах был принят уровень значимости  $p = 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Результаты наших исследований подтвердили стабильный характер состояния популяции *G. fasciatus* в литоральной зоне Петрозаводской губы Онежского озера. Отмечали активный рост особей и успешное размножение в исследуемом биотопе.

Численность популяции *G. fasciatus* варьировала в 2005 г. в пределах 132–462 экз./м<sup>2</sup>; в 2008 г. – 60–1178 экз./м<sup>2</sup> (табл. 1, 2), при этом средняя численность в 2005 и 2008 гг. составила  $322 \pm 32$  и  $470 \pm 116$  экз./м<sup>2</sup>, соответственно. Биомасса организмов на исследуемом каменисто-песчаном биоценозе в 2005 г. изменялась в пределах 0,15–6,15 г/м<sup>2</sup>, в 2008 г. – 0,11–6,78 г/м<sup>2</sup>, при средней биомассе – 3,15 и 3,45 г/м<sup>2</sup>, соответственно. В целом и численность, и биомасса мало отличались по годам наблюдений.

Таблица 1

Динамика численности ( $M \pm m$ , экз./м<sup>2</sup>) популяции *G. fasciatus* летом 2005 г. в Петрозаводской губе Онежского озера

Дата отбора проб	Температура воды, °С	Численность самцов	Численность самок	Численность молоди	Общая численность
17 июня	13	$46 \pm 6$	$39 \pm 7$	$46 \pm 14$	$132 \pm 28$
23 июня	15	$57 \pm 9$	$59 \pm 6$	$62 \pm 7$	$178 \pm 22$
1 июля	18	$80 \pm 6$	$83 \pm 11$	$173 \pm 14$	$335 \pm 32$
8 июля	17	$82 \pm 11$	$82 \pm 11$	$150 \pm 23$	$314 \pm 45$
15 июля	18	$95 \pm 8$	$101 \pm 8$	$245 \pm 25$	$441 \pm 41$
22 июля	18	$93 \pm 8$	$98 \pm 7$	$206 \pm 7$	$397 \pm 22$
28 июля	19	$101 \pm 10$	$103 \pm 9$	$258 \pm 15$	$462 \pm 34$

Таблица 2

Динамика численности ( $M \pm m$ , экз./м<sup>2</sup>) популяции *G. fasciatus* летом 2008 г. в Петрозаводской губе Онежского озера

Дата отбора проб	Температура воды, °С	Численность самцов	Численность самок	Численность молоди	Общая численность
21 мая	8	$227,12 \pm 62,17$	$243,82 \pm 60,35$	$20,04 \pm 16,19$	$490,98 \pm 111,48$
25 мая	11	$337,40 \pm 76,60$	$340,60 \pm 32,82$	$73,58 \pm 19,49$	$751,58 \pm 99,02$
27 мая	11	$250,60 \pm 74,40$	$444,40 \pm 78,71$	$123,58 \pm 41,78$	$818,58 \pm 159,34$
29 мая	12	$183,70 \pm 45,12$	$180,40 \pm 56,34$	$20,04 \pm 9,74$	$384,14 \pm 94,57$
4 июня	11	$601,20 \pm 230,44$	$507,68 \pm 116,01$	$70,00 \pm 17,11$	$1178,88 \pm 354,00$
13 июня	11	$100,20 \pm 29,40$	$33,20 \pm 10,59$	$10,02 \pm 6,68$	$143,42 \pm 43,76$
16 июня	13	$56,78 \pm 23,97$	$20,04 \pm 9,74$	0	$76,82 \pm 31,51$
17 июня	11	$36,74 \pm 17,83$	$23,38 \pm 8,52$	0	$60,46 \pm 23,85$
2 июля	19	0	0	$410,82 \pm 65,02$	$410,82 \pm 65,02$
7 июля	17	0	$6,68 \pm 4,09$	$450,90 \pm 97,52$	$457,58 \pm 98,88$
11 июля	18	$33,40 \pm 13,97$	$20,04 \pm 9,74$	$437,54 \pm 80,85$	$490,98 \pm 76,64$
14 июля	19	$13,36 \pm 9,74$	$63,46 \pm 30,52$	$340,68 \pm 164,87$	$417,50 \pm 197,03$
16 июля	17	$16,70 \pm 10,56$	$53,44 \pm 30,52$	$394,12 \pm 192,06$	$464,26 \pm 232,03$
19 июля	16	$10,02 \pm 6,68$	$70,14 \pm 15,31$	$173,68 \pm 42,45$	$253,84 \pm 58,19$
24 июля	12	$13,36 \pm 3,34$	$200,40 \pm 44,50$	$437,54 \pm 136,74$	$651,30 \pm 178,54$

В июне – июле 2005 г. исследование показало, что общая численность амфипод на протяжении двух месяцев все время нарастала, в основном за счет нарождающейся молоди (см. табл. 1). Увеличение численности взрослых особей происходило, возможно, вследствие их миграции из более глубоководных зон.

В 2008 г. наблюдали существенные колебания численности амфипод в течение двух месяцев, а именно два максимума: в начале июня и в середине – конце июля (рис. 1). Первое увеличение численности было связано с доминированием взрослых особей (около 90% численности). Возможно, животные активно мигрировали из глубоководных мест в зону литорали. По результатам изучения, в мае популяция *G. fasciatus* представлена особями двух генераций – перезимовавшим и новым поколением. Анализ показал, что 21.05.08 г. при температуре воды 8 °С в пробах находили небольшое количество молоди (см. табл. 2). Второй пик численности был связан с массовым выметом молоди

(ее доля составляла около 70–90% общей численности) в благоприятных условиях (при температуре воды 16–19 °C). Кроме того, сильное колебание численности может быть объяснено местоположением исследуемого биотопа, который находится под сильным ветро-волновым воздействием. Наличие данной закономерности ранее было подтверждено О. И. Ниловой [8]. Также из-за бедного органическим веществом каменисто-песчаного субстрата, отсутствия высшей водной растительности, к зарослям которой и приурочены максимальные показатели развития этого вида, численность популяции была ниже по сравнению с литературными данными по Онежскому озеру. Так, согласно исследованиям Н. А. Березиной и В. Е. Панова [3], численность *G. fasciatus* на западном побережье варьировала от  $2684 \pm 268$  экз./м<sup>2</sup> до  $5208 \pm 3048$  экз./м<sup>2</sup>. По данным В. И. Кухарева и соавт. [6], численность амфиподы для различных биотопов на литорали Онежского озера составляла 1160–18700 экз./м<sup>2</sup>.

Доля самок и самцов в популяции в течение двух лет изучения была сходной. В начале наблюдения (май – ранний июнь) численность самцов была равна таковой самок (рис. 2). Отношение численности самцов и самок в этот период достоверно не отличалось от соотношения 1 : 1 (согласно величине  $\chi^2 = 0,04$ ,  $p < 0,05$ ). В июне 2008 г. доминировали самцы, в июле – самки. Из половозрелых самок их доля с яйцами составляла 13–71%. Максимальная плодовитость достигала 15 яиц на 1 самку, что соотносится с данными Н. А. Березиной по Онежскому озеру – 18 яиц на самку [3]. В то же время в Ладожском озере плодовитость гмелиноидеса была значительно выше: до 35 яиц на самку [2]. Наши исследования показывают, что плодовитость самок варьирует от 4 до 15 яиц на самку (4–15 яиц в 2005 г. и 6–10 яиц в 2008 г.). Размеры половозрелых самок были от 3,3 до 7,0 мм, что несколько меньше размеров самок в Ладожском озере – 3,8–9,0 мм [2].

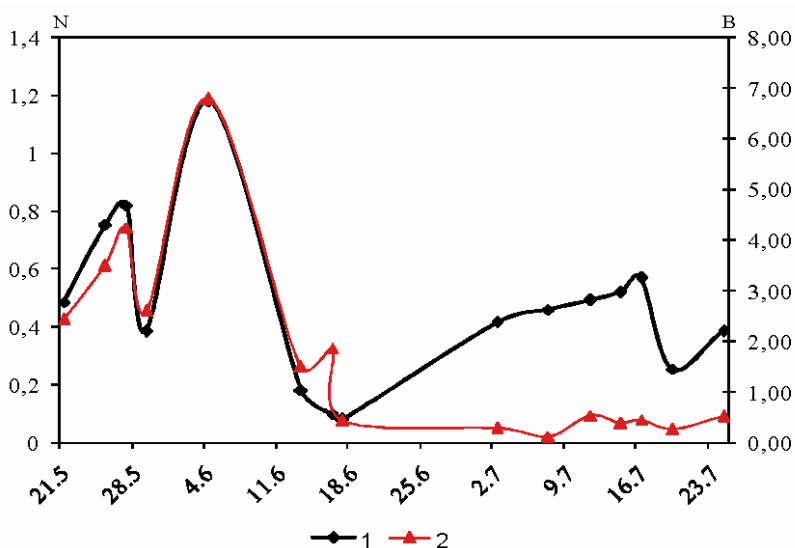


Рис. 1. Динамика средней численности (N, 1; экз./м<sup>2</sup>) и биомассы (B, 2; г/м<sup>2</sup>) популяции *Gmelinoides fasciatus* в мае – июле 2008 г.

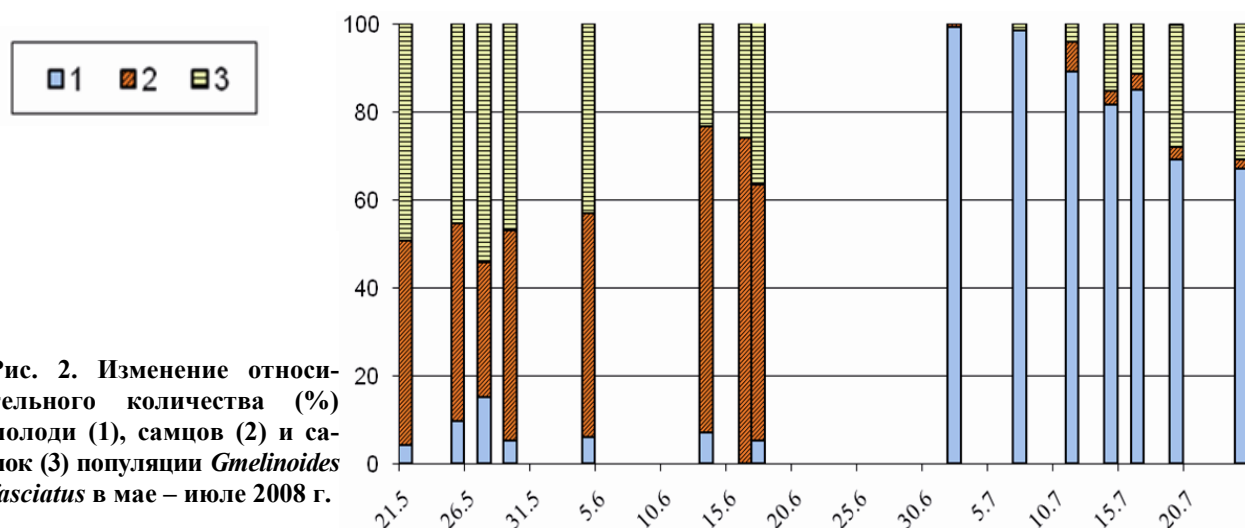


Рис. 2. Изменение относительного количества (%) молоди (1), самцов (2) и самок (3) популяции *Gmelinoides fasciatus* в мае – июле 2008 г.

Ориентировочная продукция популяции *G. fasciatus* в исследуемый период не превышала 1,5 ккал/м<sup>2</sup>. Отношение продукции к средней биомассе за изучаемый период (Р/В коэффициент) составило 6. Эти сравнительно низкие показатели продуктивности могут быть также объяснены характером выбранного биотопа для взятия гидробиологических проб, отсутствием зарослей высшей водной растительности, которая является источником корма для изучаемых рачков.

### Заключение

Анализ ситуации на литорали Петрозаводской губы Онежского озера показал, что в течение вегетационного периода наблюдается постепенное нарастание численности и биомассы байкальской амфиподы *G. fasciatus*. Динамика показателей объясняется активным размножением вселенца, наибольшая интенсивность которого отмечается при температуре воды 16–19 °С. С учетом особенностей изученного биотопа (каменисто-песчаная литораль) максимальные показатели численности и биомассы оказались существенно ниже, чем в целом по Онежскому озеру. Это связано с отсутствием высшей водной растительности, недостаточным количеством органического вещества и ветроволновым воздействием. Таким образом, полученные нами данные о динамике изменения популяционных показателей амфиподы *G. fasciatus* свидетельствуют об активной акклиматизации этого вида в новых для него условиях обитания и стабильности состояния его популяции. Важнейшей задачей дальнейших исследований является изучение роли этого вида в круговороте органического вещества в экосистеме Онежского озера.

Благодарности. Выражаем благодарность А. С. Федоровой и Т. А. Бегереевой за помощь при сборе и обработке полевого материала. Кроме того, выражаю глубокую благодарность Тамаре Николаевне Поляковой за помощь при анализе гидробиологических данных.

### Литература

1. Балданова Д. Р., Пронин Н. М. Скребни (тип *Acanthocephala*) фауны Байкала (морфология, фауна, экология) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. II. Озера и реки Прибайкалья, Прихубсугулья и озеро Хубсугул / В. А. Ройтман; под ред. О. А. Тимошкина. Новосибирск, 2001. 158 с.
2. Барков Д. В. Экология и биология байкальского вселенца *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing 1899) и его роль в экосистеме Ладожского озера: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.16. СПб., 2006. 26 с.
3. Березина Н. А., Панов В. Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежское озеро // Зоол. журн. 2003. Т. 82, № 6. С. 731–734.
4. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Отв. ред. Алимов А. Ф., Богуцкая Н. Г. М.; СПб., 2004. 436 с.
5. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск, 2003. 304 с.
6. Кухарев В. И., Полякова Т. Н., Рябинкин А. В. Распространение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежском озере // Зоол. журн. 2008. Т. 87, № 10. С. 1270–1273.
7. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Л., 1984. 52 с.
8. Нилова О. И. Некоторые черты экологии и биологии *Gmelinoides fasciatus* Stebb., акклиматизированных в озере Отрадное Ленинградской области // Изв. Гос. науч.-исслед. ин-та озерн. и речн. хоз-ва. 1976. Т. 110. С. 10–15.
9. Полякова Т. Н. «Биологическое загрязнение» водных экосистем // Водная среда: комплексный подход к изучению, охране и использованию. Петрозаводск, 2008. С. 26–31.
10. Примаков И. П., Бергер В. Я. Продукция планктонных ракообразных в Белом море // Биология моря. 2007. Т. 33, № 5. С. 356–360.

# СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО

Ю. Л. Сластина<sup>1</sup>, М. А. Клочкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

<sup>2</sup> *Петрозаводский государственный университет*

## Введение

С середины прошлого столетия проблема мониторинга состояния водоемов, расположенных в городской черте, приобрела большую актуальность во многих странах. Одной из наиболее глубоких, активных и комплексных форм воздействия на природные объекты является влияние урбанизированных ландшафтов. Большинство случаев антропогенного эвтрофирования водоемов впервые было отмечено в пределах именно таких территорий [9].

Городские водоемы традиционно использовались как источники пресной воды, а также для технических, рекреационных и других целей. Функционирование населенных пунктов, постепенное расширение их границ приводит к загрязнению водных объектов городскими, преимущественно бытовыми стоками, аэротехногенным путем и как следствие к нарушению естественного функционирования водных экосистем и превращению их в антропогенно измененные [9]. Реакция водоемов зависит от их исходного состояния, интенсивности и длительности различных видов воздействия.

В России экологические исследования городских водоемов до сих пор весьма малочисленны, несмотря на то что только 2% городских водных объектов могут быть отнесены к условно чистым, тогда как 80% классифицируются как грязные и обычно находятся на уровне эвтрофных или гиперэвтрофных водоемов [2, 4, 12].

Для целей экологического мониторинга водоемов активно используется изучение фитопланктона, который оказывает непосредственное влияние на качество воды, благодаря структуре и функциональным особенностям определяет состояние водных экосистем в целом. Фитопланктон оказывает непосредственное воздействие на качество воды, а показатели его количественного развития широко используются для характеристики трофического статуса водоемов.

На территории Петрозаводска находятся несколько озер, хорошо известных рыбакам и отдыхающим, но практически не изученных. Исследования этих водоемов позволили получить новые оригинальные данные, которые можно успешно использовать в программе мониторинга и планирования рекреационной нагрузки на водоемы города. Одно из таких озер – Четырехверстное, результаты исследования фитопланктонных сообществ которого представлены в данной работе.

## Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили пробы фитопланктона, отобранные с июля 2009 г. по ноябрь 2010 г., по 2–3 сбора за сезон. Обработка проб, определение видового состава проводилась с использованием стандартных гидробиологических методик [10]. Пробы отбирали зачерпыванием с поверхностного горизонта, фиксировали 40% формалином, концентрировали методом фильтрации на мембранные фильтры с размером пор 0,9 мкм. Подсчет клеток проводили в камере Нажотта (объемом 0,02 мл). Определение биомассы производили счетно-объемным методом с использованием таблиц Кузьмина и ПЭВМ. Для оценки качества воды был рассчитан индекс сапробности по численности методом Пантле и Бука в модификации Сладечека [13]. При эколого-географической характеристике придерживались разработанных систем, принятых в экологии и биогеографии водорослей [3].

Озеро Четырехверстное расположено на территории г. Петрозаводска, в юго-восточной части города, в 14 км от центра [7]. Размеры водоема небольшие, в длину – 648 м, в ширину – 248 м, с площадью водного зеркала 160 704 м<sup>2</sup>. Средняя глубина 5 метров. Координаты: 61°44'52" N; 34°26'23" E. Из озера вытекает ручей Каменный, впадающий в Петрозаводскую губу Онежского озера. В радиусе 1–2 км от водоема расположены: 2-я площадка Онежского тракторного завода, ФГУП «75 АРЗ» – авторемонтный завод МО РФ, где производят ремонт автомобилей «Урал» и гусеничных тягачей ГТ-Т, ООО «Стройтехника» с действующей кузницей, «Карелнеруд», «Станкозавод». Рыбные ресурсы оз. Четырехверстного практически не изучены, и опубликованной в печати информации о современном состоянии ихтиофауны водоема нет. По опросам рыбаков, здесь обитают окунь, уклея, подлещик.



## Результаты и обсуждение

Лабораторией гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН был проведен химический анализ проб воды оз. Четырехверстного, согласно которому данный водоем является мезогумозным [8], имеет pH нейтрально-щелочную, минерализацию повышенную в сравнении с другими карельскими водоемами, воды гидрокарбонатного типа (табл.). Содержание биогенов соответствует α-мезотрофному водоему [6]. Аналитическая работа также проводилась в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН. Для химического анализа проб воды на содержание биогенных элементов были использованы аттестованные методики.

Гидрохимический режим оз. Четырехверстного (2009–2010 гг.)

Сезон	Ptotal, мг P/л	Pminer, мг P/л	NO <sub>3</sub> , мг N/л	NH <sub>4</sub> , мг N/л	Ntotal, мг N/л	λ, мк См/см	Цветность, град.	pH
Осень	0,023–0,025	0,004	0,10–0,22	0,14–0,21	1,30–0,80	196	80–38	7,4
Зима	0,023	0,005	0,03	0,01	1,10–0,98	197–209	41–30	7,2–8
Весна	0,052	0,003	0,03	0,02	0,64	170	49–33	8
Лето	0,030–0,058	0,003–0,004	0,20–0,34	0,02	0,58–0,88	166–104	37–35	7,5–8,4

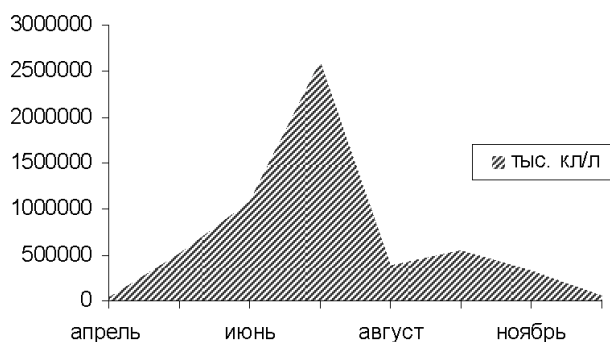
Особенности гидрохимического режима водоема определили состав и доминирование альгофлоры. Всего на данный момент выявлено 95 видов (представленных 100 таксонами рангом ниже рода) из 7 отделов, которые распределились следующим образом: *Chlorophyta* – 38 таксонов, *Bacillariophyta* – 26, *Euglenophyta* – 12, *Cyanophyta* – 11, *Chrysophyta* – 10, *Dinophyta* – 2, *Cryptophyta* – 1 таксон. Ядро составили зеленые и диатомовые, вклад эвгленовых, золотистых и синезеленых равноценен. Структура фитопланктона отличается от характерной для озер Карелии [1] снижением роли диатомей и увеличением разнообразия зеленых, синезеленых и золотистых водорослей, что можно рассматривать как особенность водоемов урбанизированных территорий.

Доминирующими по биомассе и численности во все сезоны наблюдения были *Fragilaria crotonensis*, *Trachelomonas volvocina*, *Trachelomonas planctonica*, *Oscillatoria agardhii*. Сезонная динамика фитопланктона характеризуется одновершинной кривой с максимумом вегетирования водорослей в летний период как по численности, так и по биомассе (рис. 1, 2). Значения численности в летний период достигали величины 2900 тыс. кл./л за счет обильного развития синезеленых водорослей р. *Oscillatoria* (рис. 1). Максимальная биомасса достигала величины 1,5 мг/л, основной вклад в ее формирование вносила диатомовая *Fragilaria crotonensis* (до 40%), которая является галофилом, имеет положительную реакцию на незначительное повышение солей. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в июле – августе, в период максимального прогрева воды.

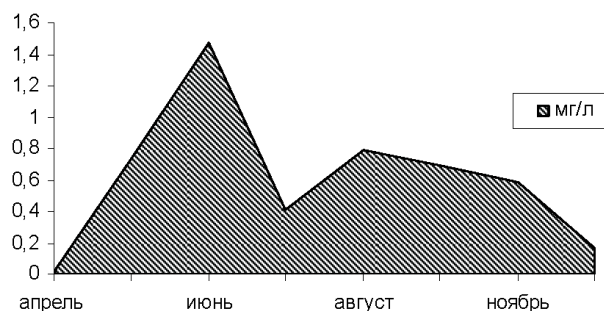
Осенью значительный вклад как по численности, так и по биомассе принадлежит диатомовому планктону – *Synedra ulna*, *Diatoma elongatum*. В зимний подледный период значения численности водорослей нижнего слоя льда были выше, чем в воде, в 1,5 раза (54 тыс. кл./л), значения биомассы были примерно одинаковыми. В зимний подледный период в верхнем слое воды часто встречались представители золотистых – несколько видов р. *Kephyrion*, зеленые холодолюбивые р. *Koliella*. В ранневесенний период облик фитопланктона определяли также синезеленые (65% биомассы), с существенным вкладом диатомовых (26% биомассы) и эвгленовых (7% биомассы).

По максимальной биомассе фитопланктона вода озера относится к классу 3а (1,1–2 мг/л) – достаточно чистая [5].

Для альгофлоры оз. Четырехверстного характерно преобладание космополитных форм (86%), при незначительной доле бореальных и северо-альпийских видов. Большинство видов по характеру местообитания относилось к планктонным (78%) формам. Обитателей бентоса и обрастаний, представленных в основном диатомовыми водорослями, значительно меньше. По отношению к солености воды большинство выявленных таксонов – олигогалобы, с преобладанием индифферентов (87%) – *Tabellaria fenestrata*, *Asterionella formosa*. В условиях повышенной минерализации воды могут существовать *Diatoma elongatum*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra ulna*. Наиболее многочисленную группу водорослей по отношению к pH воды составляли индифферентные (66%) и алкафильные (26%). Индифференты были представлены в основном зелеными (44%), диатомовыми (23%) и эвгленовыми (12%) водорослями. Группа алкафилов на 71% состоит из диатомовых, таких как *Synedra ulna*, *Stephanodiscus astrea*. Достаточно много ацидофилов, наряду с диатомовыми (*Frustulia rhomboides*), оказалось среди золотистых водорослей (р. *Dinobryon*, *Mallomonas*).



**Рис. 1. Динамика численности фитопланктона оз. Четырехверстного**



**Рис. 2. Динамика биомассы оз. Четырехверстного**

Выявлено 50 видов-показателей сапробности, что составляет 53% от общего числа видов. Из общего числа индикаторов 54% составляли  $\beta$ -мезосапробные формы, 26% – виды, развивающиеся в переходной между  $\beta$ -мезо- и олигосапробной зоне. Таким образом, по составу доминирующих видов фитопланктона и по их отношению к сапробности качество воды оз. Четырехверстного соответствует 3 классу качества,  $\beta$ -мезосапробной зоне, относится к умеренно загрязненным.

### Закключение

В результате проведенных исследований выяснилось, что ход сезонной динамики фитопланктона соответствует состоянию эвтрофного водоема [11], хотя гидрохимическая и сапробиологическая оценка характеризует водоем как достаточно чистый, умеренно загрязненный. Согласно выделяемым фитопланктонным формациям, все доминирующие виды изучаемого водоема относятся к эвтрофному диатомовому, синезеленому и эвгленовому планктону [14]. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в июле-августе, в период максимального прогрева воды.

Требуется дальнейшее изучение водоема для уточнения трофического статуса, определения рекреационного значения и, так как озеро имеет сток в Петрозаводскую губу Онежского озера через ручей Каменный, его вклада в эвтрофирование Петрозаводской губы.

### Литература

1. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология / С. Ф. Комулайнен, Т. А. Черышева, И. Г. Вислянская. Петрозаводск, 2006. 81 с.
2. Антропогенное воздействие на малые озера. Л., 1980. 172 с.
3. Барина С. С., Медведева Л. А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (русский Дальний Восток). Владивосток, 1996. 364 с.
4. Водные объекты Санкт-Петербурга / Под ред. С. А. Кондратьева, Г. Т. Фрумина. СПб., 2002. 348 с.
5. Жукин В. И., Оксик О. П. Экологическая классификация качества поверхностных вод суши по их составу и свойствам // Инф. бюл. по водн. хоз-ву. 1984. Вып. 2/34. С. 71–76.
6. Китаев С. П. Основы общей лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, 2007. 395 с.
7. Лаврова Н. Б. Некоторые особенности состава спорово-пыльцевых спектров позднеледниковых отложений Олонецкого плато // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 183–188.
8. Лозовик П. А., Шкиперова О. Ф., Зобков М. Б., Платонов А. В. Геохимические особенности поверхностных вод Карелии и их классификация по химическим показателям // Труды КарНЦ РАН. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 130–143.
9. Россимо Л. Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М., 1977. 144 с.
10. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. СПб., 1992. С. 164–173.
11. Трифонова И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л., 1990. 184 с.
12. Трифонова И. С., Генкал С. И., Павлова О. А. Состав и сукцессия диатомовых водорослей в планктоне городских водоемов Санкт-Петербурга // Ботан. журн. 2003. Т. 88, № 11. С. 43–53.
13. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. М., 1976. 185 с.
14. Hutchinson G. E. A treatise on limnology. Vol. 2. Introduction to lake biology and the Limnoplankton. New York; London, 1967. 1115 p.

# ФЛОРА ВЫСШИХ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО (ОКРЕСТНОСТИ г. ПЕТРОЗАВОДСКА)

И. П. Сочнева

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

## Введение

Водные объекты, как естественного происхождения, так и искусственно созданные, являются важной составляющей современного урбаноландшафта. Они в той или иной степени довольно часто оказываются в сфере негативного воздействия человеческой деятельности. Для осуществления контроля над состоянием водоемов урбанизированных территорий необходим показатель, который мог бы эффективно предупреждать о начинающихся процессах деградации гидробиоценозов. Принимая во внимание специфику организации, структуры и функционирования водных экосистем, а также характер антропогенного воздействия на водоемы урбанизированных территорий, целесообразно предложить в качестве индикатора водные макрофиты (водные растения) и их сообщества. Макрофиты – крупные, видимые невооруженным глазом растения независимо от их систематического положения и экологической приуроченности. Находясь на границе двух сред – водной и наземно-воздушной, они являются достаточно чувствительными индикаторами состояния этой контактной зоны. Познание структурно-динамических и эколого-функциональных особенностей флоры водных макрофитов города позволяет выявить адаптационные возможности растительных сообществ водоемов и водотоков в условиях урбанизированной среды. Все это определяет актуальность и значимость данных исследований.

Изучению флоры высших растений территории г. Петрозаводска посвящено несколько исследований, опубликован аннотированный флористический список [1, 2, 7]. Специальных работ по изучению флоры водных и прибрежно-водных растений (водных макрофитов) города не проводилось, в том числе и по оз. Четырехверстному.

Целью данной работы было изучение флоры одного из водоема города – оз. Четырехверстного. Для ее достижения были поставлены следующие задачи: 1. Выявить видовой состав флоры озера; 2. Провести анализ таксономической, биоморфологической, географической и экологической структуры флоры; 3. Провести анализ флоры по степени устойчивости к антропогенному воздействию (по характеру гемеробности).

## Материалы и методы

Обследовалось оз. Четырехверстное, расположенное на территории южной Карелии [3], в черте г. Петрозаводска, на юго-восточной его окраине ( $61^{\circ}47'$  с. ш.,  $34^{\circ}21'$  в. д., абс. отм. 105 м). Площадь – примерно  $0,16 \text{ км}^2$ , длина – около 648 м, ширина – 248 м, средняя глубина – примерно 3 м, максимальная глубина – около 5 м. Из озера вытекает ручей Каменный, который впадает в Петрозаводскую губу Онежского озера (рис. 1).

Материалы для данной статьи собраны в ходе маршрутно-рекогносцировочного обследования флоры озера, проведенного в полевой сезон 2010 г., с использованием общепринятых методик [4]. Определение растений проводилось по определителям М. Л. Раменской [6] и Н. Н. Цвелева [8]. Номенклатура и объем таксонов приняты в соответствии со сводкой С. К. Черепанова [9] с учетом более поздних обработок [5]. Выделение широтных и долготных элементов в прибрежно-водной флоре произведено на основе метода ботанико-географических координат. Выделение экологических групп по отношению к факторам среды и по группам гемеробности дается по работе Г. С. Антипиной [1].

Исследованиями были охвачены растения, входящие в обводненную зону, зону уреза воды и переувлажненных берегов.

## Результаты и обсуждение

### 1. Таксономическая структура.

В составе флоры озера отмечен 41 вид высших водных и прибрежно-водных растений. Из них 1 вид принадлежит к отделу хвощевидных (*Equisetophyta*) и 40 видов относится к отделу покрытосеменных растений (*Magnoliophyta*). Последние входят в состав 29 родов из 18 семейств. Однодольные (*Liliopsida*) представлены 23 видами (57%), двудольные (*Magnoliopsida*) – 17 видами (43%).

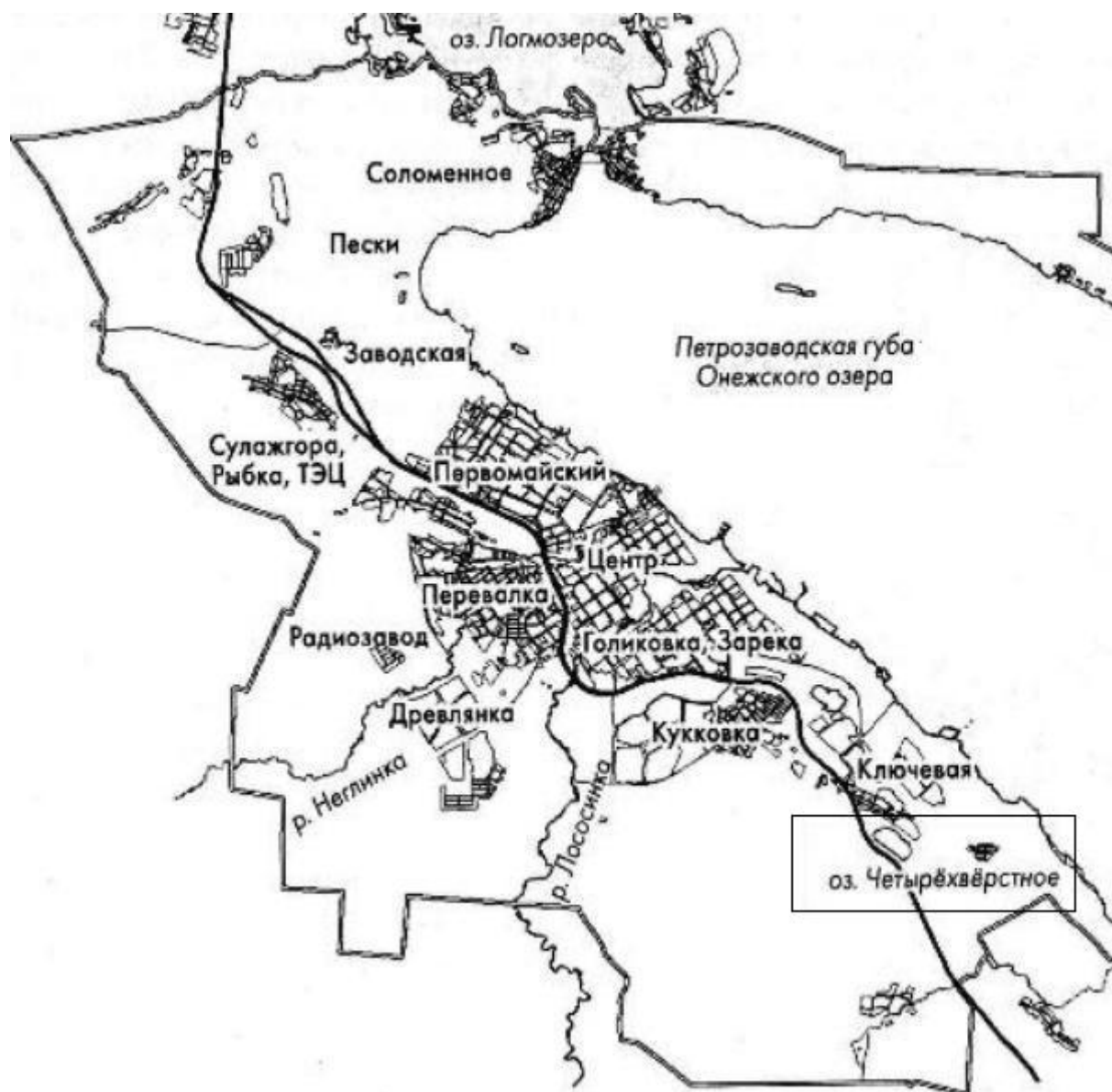


Рис. 1. Оз. Четырёхверстное на карте г. Петрозаводска [7]

Среди семейств по видовому богатству лидируют семейства *Poaceae* – 7 видов (17%), *Cyperaceae* – 6 видов (15%), *Potamogetonaceae*, *Juncaceae*, *Ariaceae* – по 3 вида (по 7%). На долю этих семейств приходится 53% видов. Наиболее богатыми в таксономическом отношении являются роды *Carex* и *Potamogeton*, *Juncus*, они включают 5 видов (12%) и по 3 вида (по 7%) соответственно.

## 2. Биоморфная структура.

В спектре жизненных форм [10] исследуемой флоры сохраняется тенденция, присущая региональной флоре Карелии. Анализ показал преобладание гемикриптофитов (64%; рис. 2).

## 3. Географическая структура.

Анализ географической структуры показывает, что ядро прибрежно-водной флоры озера составляют бореальные элементы (61%) (*Potamogeton natans*, *Carex vesicaria*) и элементы

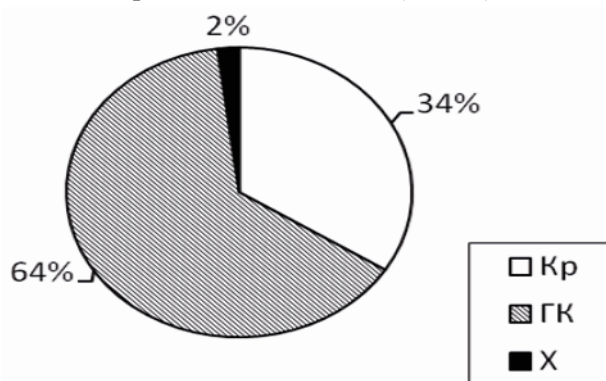
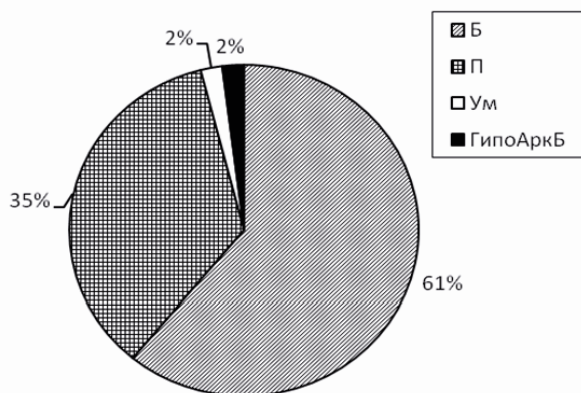


Рис. 2. Соотношение жизненных форм по К. Раункиеру (Кр – криптофиты, ГК – гемикриптофиты, X – хамефиты)

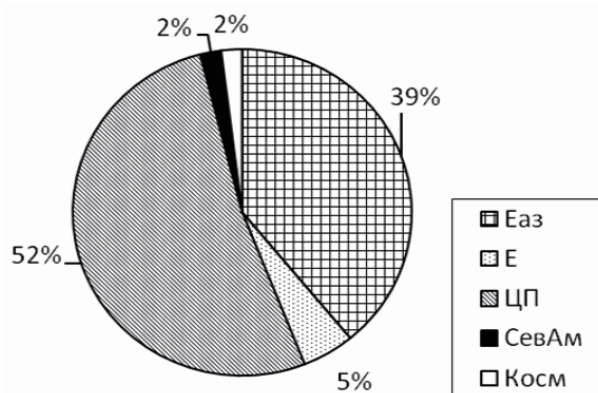


широкого диапазона распространения (плюризональные) (35%) (*Equisetum fluviatile*, *Nuphar lutea*), минимальная доля приходится на северные группы элементов – гипоарктобореальных 2% (*Caltha palustris*) и один умеренный вид – *Elodea canadensis* (рис. 3). Умеренный (бореальный) характер флоры определяется географическим положением южной Карелии в среднетаежной зоне.

Преобладающими долготными элементами являются циркумполярные (52%) (*Calamagrostis neglecta*, *Naumburgia thyrsoiflora*) и евразийские (39%) (*Alisma plantago-aquatica*). Незначительна доля европейских видов – 5% (*Juncus conglomeratus*). Также отмечены один североамериканский (*Elodea canadensis*) и один космополитный (*Phragmites australis*) виды (рис. 4).



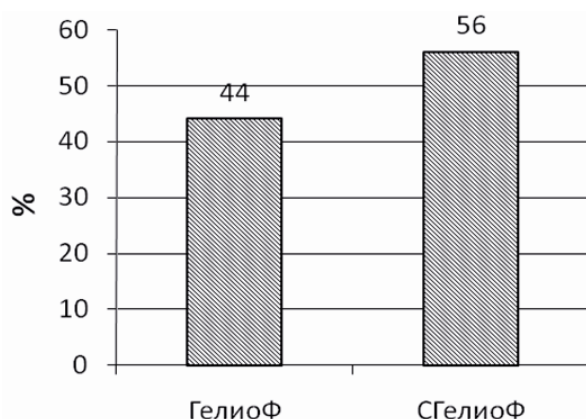
**Рис. 3. Распределение прибрежно-водных видов по широтным географическим элементам** (Б – бореальный, Ум – умеренный, ГипоАркБ – гипоарктобореальный, П – плюризональный)



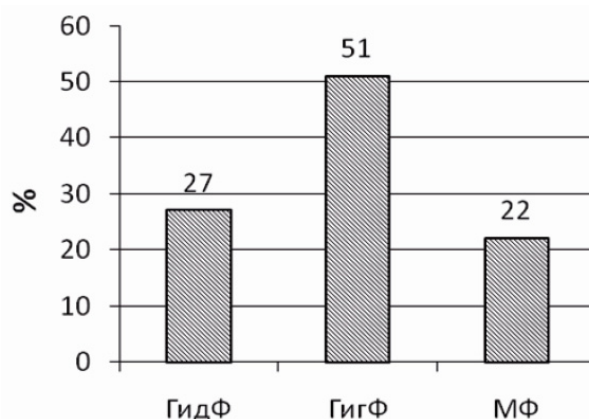
**Рис. 4. Распределение прибрежно-водных видов по долготным географическим элементам** (Еаз – евразийский, Е – европейский, ЦП – циркумполярный, СевАм – североамериканский, Косм – космополитный)

#### 4. Экологическая структура.

В результате анализа экологической структуры прибрежно-водной флоры установлено, что по отношению к освещенности преобладают растения-семигелиофиты (56%) (*Lysimachia vulgaris*, *Sium latifolium*) (рис. 5). Высокое участие семигелиофитов связано с высоким присутствием видов семейств *Juncaceae*, *Cyperaceae* и *Poaceae*. По отношению к фактору увлажнения преобладают растения-гигрофиты (51%) (*Equisetum fluviatile*, *Phalaroides arundinacea*) (рис. 6), по отношению к трофности – растения-мезотрофы (76%) (*Caltha palustris*, *Carex rostrata*) (рис. 7).



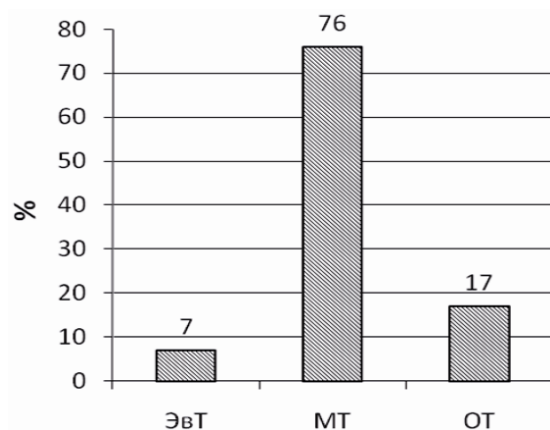
**Рис. 5. Распределение прибрежно-водных видов по отношению к освещенности** (ГелиоФ – гелиофит, СГелиоФ – семигелиофит)



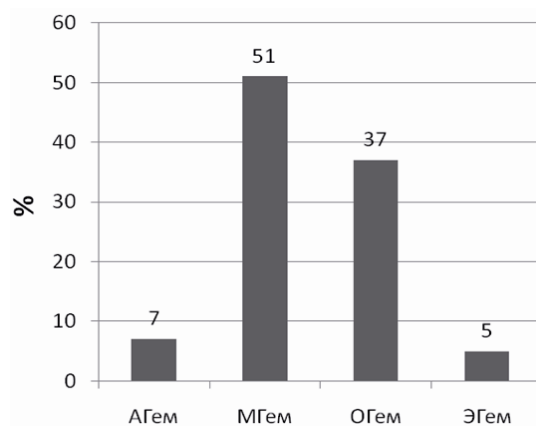
**Рис. 6. Распределение прибрежно-водных видов по отношению к влажности** (ГидФ – гидрофит, ГигФ – гигрофит, МФ – мезофит)

#### 5. Группы гемеробности.

По характеру гемеробности в прибрежно-водной флоре озера преобладают мезогемеробные виды (виды, переносящие среднюю степень антропогенного воздействия) (51%) и олигогемеробные виды (виды, переносящие слабое антропогенное влияние) (37%) (рис. 8).



**Рис. 7. Распределение прибрежно-водных видов по отношению к трофности** (ЭвТ – эвтроф, МТ – мезотроф, ОТ – олиготроф)



**Рис. 8. Распределение прибрежно-водных видов по группам гемеробности** (АГем – агемеробные, МГем – мезогемеробные, ОГем – олигогемеробные, ЭГем – эугемеробные)

### Заключение

Прибрежно-водная флора оз. Четырехверстного включает 41 вид высших сосудистых растений, относящихся к 30 родам и 19 семействам из 3 классов и 2 отделов. Среди жизненных форм отмечено преобладание гемикриптофитов. Прибрежно-водная флора озера сформирована бореальными циркумполярными видами. Характерно преобладание гигрофитов, семигелиофитов, мезотрофов. По показателю гемеробности ведущую роль играют мезогемеробные виды.

В перспективе представленные исследования предполагают последующие исследования флоры и растительности оз. Четырехверстного.

### Литература

1. Антипина Г. С. Урбановфлора Карелии. Петрозаводск, 2002. 200 с.
2. Антипина Г. С., Тойвонен И. М., Венжик Ю. В. Конспект флоры сосудистых растений города Петрозаводска. Петрозаводск, 2001. 110 с.
3. Атлас Карельской АССР. М., 1989. 40 с.
4. Катанская В. М., Распопов И. М. Методы изучения высшей водной растительности // Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., 1983. С. 163–169.
5. Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск, 2007. 403 с.
6. Раменская М. Л., Андреева В. Н. Определитель высших растений Мурманской области и Карелии. Л., 1982. 435 с.
7. Растения и лишайники города Петрозаводска (аннотированные списки видов): Учебное пособие / Под ред. Г. С. Антипиной. Петрозаводск, 2010. 208 с.
8. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб., 2000. 722 с.
9. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.
10. Raunkiaer C. The Life Forms of Plants and Statistical Geography. Oxford, 1934. 632 p.

## БИОМАССА И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА В ЭПИПЕЛАГИАЛИ АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЮЖНОГО ОКЕАНА

А. Н. Ступникова, А. Л. Верещака, В. И. Гагарин, Д. Н. Кулагин, А. А. Лунина

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН*

### Введение

Оценка биомассы зоопланктона и ее пространственной неоднородности необходима для понимания общих закономерностей влияния факторов среды на распределение зоопланктона. Съемка

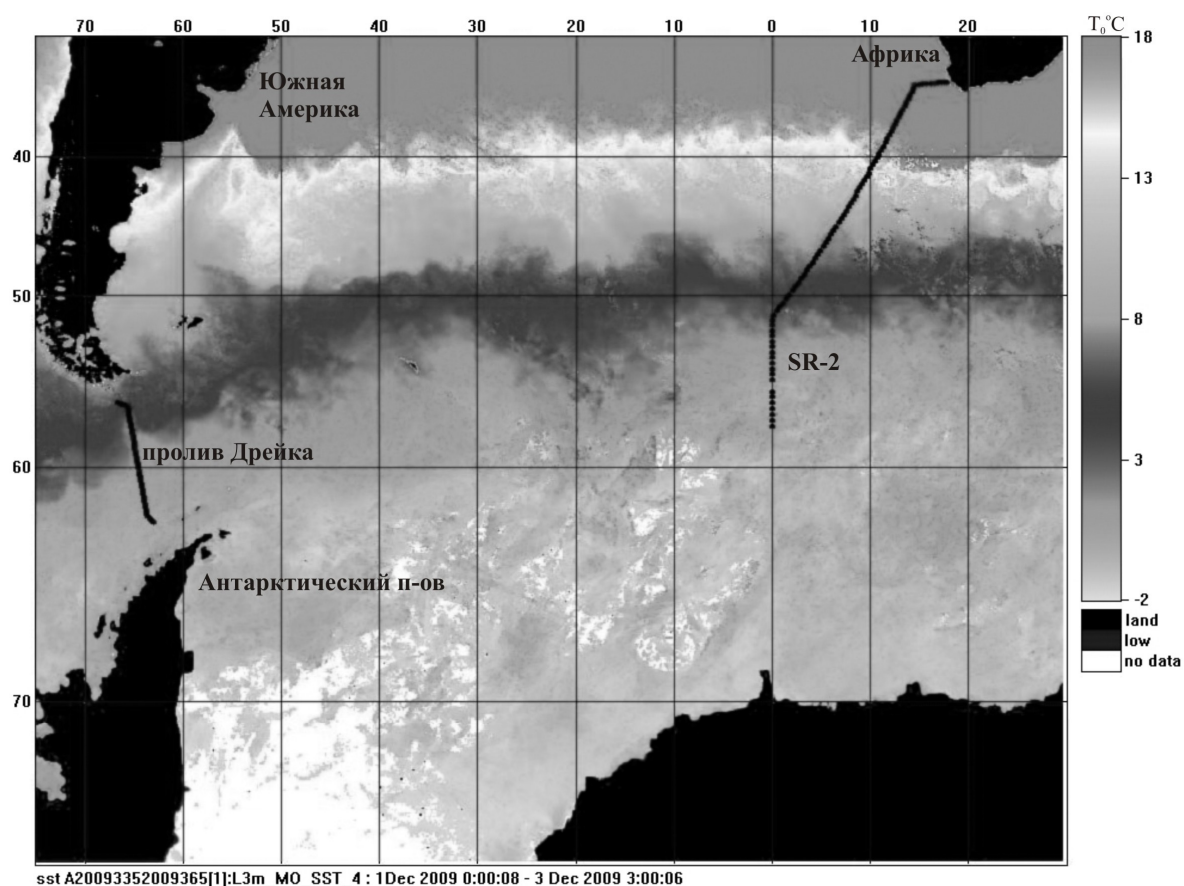
с высоким пространственным разрешением на двух меридиональных разрезах через все гидрологические границы Антарктического Циркумполярного течения (АЦТ) в западной и восточной частях Атлантического сектора позволила оценить влияние этих границ на смену таксономического состава зоопланктона и на характер распределения биомассы планктона в эпипелагиали.

В летний период наиболее важные группы зоопланктона находятся в поверхностных водах, так как мигрирующие виды уже поднялись в верхние слои для размножения и питания. Поэтому исследование верхнего активного слоя достаточно для первичной оценки влияния различных факторов среды на распределение зоопланктона во всем столбе воды.

Предшествующие исследования в регионе [9, 16] показали возникновение областей повышенной биомассы зоопланктона в зонах гидрологических фронтов АЦТ на общем фоне низких значений биомассы [13], причем обогащение биомассой может достигать двух порядков [2, 3, 9]. Задачей данного исследования была более детальная оценка влияния гидрологических фронтов на суммарную биомассу зоопланктона и изменение его видового состава.

### Материалы и методы

Полевые исследования проводили с борта НИС «Академик Иоффе» на разрезе SR-2 в период со 2 по 22 декабря 2009 г. и разрезе в проливе Дрейка в период со 2 по 9 января 2010 г. Расположение разрезов, на которых проводили отбор зоопланктонных проб, показано на рис. 1. Пробы отбирали на CTD станциях гидрологических разрезов. Расстояние между станциями составляло порядка 20 миль на разрезе SR-2 и порядка 10 миль в проливе Дрейка.



**Рис. 1. Расположение разрезов SR-2 и разреза в проливе Дрейка в 30-м рейсе НИС «Академик Иоффе» на поле поверхностной температуры воды по данным дистанционного зондирования региона от 1–3 декабря 2009 г.**

Отбор количественных проб зоопланктона производили замыкающей сетью Джеди 37/50 с площадью входного отверстия 0,1 м<sup>2</sup> и размером ячеек сита фильтрующего конуса 180 мкм. Ловы выполняли со скоростью 0,9–1 м/с.



Облавливался слой воды от поверхности до 300 м. Глубина опускания сети была рассчитана по длине троса и углу его наклона к поверхности моря. Под эпипелагиалью в данной работе мы принимаем слой 0–300 м.

Отобранные пробы концентрировали через сито с ячейей 100 мкм и фиксировали 4% формалином. Крупный желетелый планктон изымали из пробы сразу после отбора. Биомасса мезопланктона (без учета желетелого) измерялась в волюминометре Яшнова [10] в мл с последующим просмотром под бинокляром для выявления массовых форм.

Для определения положения фронтов использовали данные CTD-зонда, LADCP и спутниковые данные альтиметрии. Использовали восьмиструйную классификацию фронтов АЦТ Соколова и Ринтола [17]. Для выделения гидрологических зон использовали классическую схему разделения Южного океана на Субантарктическую, Полярную фронтальную и Антарктическую зоны [15].

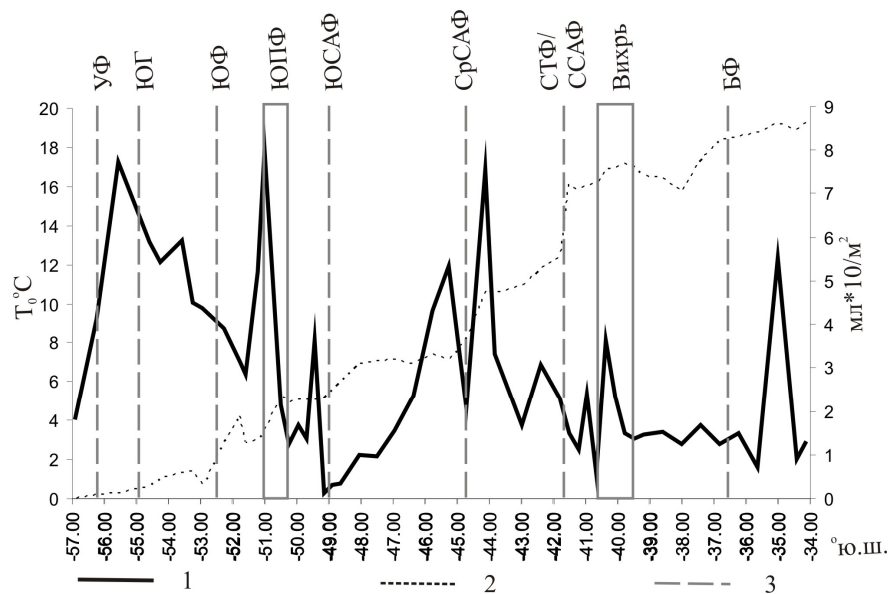
## Результаты и обсуждение

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА В ЭПИПЕЛАГИАЛИ ИССЛЕДУЕМОГО РЕГИОНА

На рис. 2 показан характер распределения суммарной биомассы зоопланктона в столбе воды ( $\text{мл} \cdot 10/\text{м}^2$ ) от поверхности до глубины 300 м на разрезе SR-2 на фоне кривой изменения поверхностной температуры.

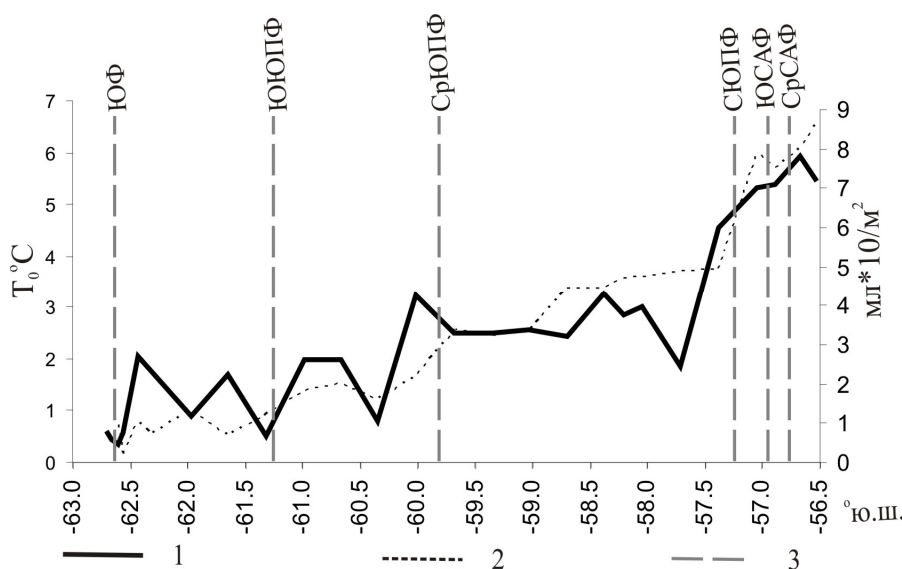
**Рис. 2. Распределение суммарной биомассы зоопланктона (без желетелых,  $\text{мл} \cdot 10/\text{м}^2$ ) на разрезе SR-2 в поверхностном слое 0–300 м:**

1 – значения суммарной биомассы, 2 – поверхностная температура воды, 3 – расположение фронтов согласно восьмиструйной классификации Соколова и Ринтола [17]. БФ – Бенгельский фронт, СТФ/ССАФ – Северная струя Субантарктического фронта слита с Субтропическим фронтом, СрСАФ – Средняя струя Субантарктического фронта, ЮСАФ – Южная струя Субантарктического фронта, ЮПФ – Южный Полярный фронт, все три струи слиты вместе, ЮФ – Южный фронт, ЮГ – Южная граница АЦТ, УФ – фронт моря Уэддэла



Средняя биомасса зоопланктона в эпипелагиали на разрезе SR-2 составляет  $26,5 (\pm 19,0)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ . Полученные данные показывают, что величина биомассы зоопланктона в районе исследования колеблется в довольно широких пределах, почти на два порядка – от 1,3 до 80  $\text{мл}/\text{м}^2$  (рис. 2). Наблюдаются значительные колебания внутри каждой гидрологической зоны. Тем не менее прослеживается общий тренд изменения биомассы зоопланктона. Так, на разрезе SR-2 наблюдается трехкратное повышение суммарной биомассы в эпипелагиали в южном направлении: в Субтропической зоне средняя биомасса составляет  $17,8 (\pm 11,4)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ , в Субантарктике –  $26,1 (\pm 21,1)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ , в Полярной фронтальной зоне –  $17,0 (\pm 11,6)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ , в Антарктике –  $49,0 (\pm 14,5)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ . Такие низкие показатели биомассы представляются нетипичными для летнего периода и, скорее, соответствуют антарктической зиме [2].

На рис. 3 показано распределение суммарной биомассы зоопланктона ( $\text{мл}/\text{м}^2$ ) в эпипелагиали пролива Дрейка. Среднее значение биомассы в столбе 0–300 м для всего разреза составляет  $32,7 (\pm 22,1)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ , что в 1,5 раза больше, чем на разрезе SR-2. При этом пределы колебаний суммарной биомассы в проливе Дрейка (от 4,5 до 78  $\text{мл}/\text{м}^2$ ) сходны с таковыми на разрезе SR-2. На разрезе в проливе Дрейка отмечено увеличение суммарной биомассы зоопланктона в эпипелагиали в северном направлении: в Антарктике среднее значение биомассы составляет  $13,1 (\pm 8,7)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ , в Полярной фронтальной зоне –  $38,9 (\pm 16,8)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ , в Субантарктике –  $74,9 (\pm 4,4)$   $\text{мл}/\text{м}^2$ .



**Рис. 3. Распределение суммарной биомассы зоопланктона (без желтелых, мл·10/м<sup>2</sup>) в проливе Дрейка в поверхностном слое 0–300 м:**

1 – значения суммарной биомассы, 2 – поверхностная температура воды, 3 – расположение фронтов согласно классификации Соколова и Ринтола [17]. СрСАФ – Средний Субантарктический фронт, ЮСАФ – Южный Субантарктический фронт, СЮПФ – Северная струя Южного Полярного фронта, СрЮПФ – Средняя струя Южного Полярного фронта, ЮЮПФ – Южная струя Южного Полярного фронта, ЮФ – Южный фронт

Следует отметить, что увеличение биомассы в эпипелагиали двух разрезов происходит в противоположных направлениях. Так, с севера на юг суммарная биомасса зоопланктона в эпипелагиали пролива Дрейка уменьшается в 6 раз, тогда как на разрезе SR-2 увеличивается в 3 раза в этом же направлении.

При совместном рассмотрении показателей суммарной биомассы зоопланктона в эпипелагиали на обоих разрезах (рис. 2, 3) видно, что положение максимумов биомассы никогда не совпадает с линиями прохождения фронтов. Наоборот, в большинстве случаев наблюдаются ее минимумы. Локальные максимумы биомассы, в свою очередь, чаще всего находятся рядом с гидрологическими границами.

#### ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА

Экспедиционные работы в 30-м рейсе НИС «Академик Иоффе» были проведены в период антарктического лета (декабрь-январь), когда происходит размножение массовых видов зоопланктона. Поэтому следовало ожидать, что изменение таксономического состава зоопланктона будет происходить согласно уже описанным закономерностям. При продвижении с севера на юг происходит смена фауны сначала с субтропической на субантарктическую, которая затем на протяжении Полярной фронтальной зоны постепенно сменяется антарктической фауной [2, 5, 6, 8, 14].

Массовыми видами, характерными для сообществ АЦТ, считаются виды антарктического комплекса: в юго-восточной Атлантике (90° – 160° в. д.) *Calanus propinquus* и *Metridia gerlachei* [12], в Атлантическом секторе Южного океана в январе – апреле и в октябре *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, *Metridia gerlachei* и *Rhincalanus gigas* [2, 4]. По данным Аткинсона и Варда [11], летом в Атлантическом секторе по биомассе преобладают только *C. acutus* и *Rh. gigas*. Причем они хотя и являются интерзональными, более характерны для антарктических вод и зоны ЮПФ и почти не встречаются в субантарктических водах [1, 2, 8].

Наши данные, основанные на анализе качественного состава зоопланктона в эпипелагиали на двух разрезах, свидетельствуют о том, что по биомассе доминируют 4 вида Copepoda: *Neocalanus tonsus*, *Metridia lucens*, *Calanus simillimus* и *Rh. gigas* в Субантарктике, а в Полярной фронтальной зоне (ПФЗ) *N. tonsus* сменяется на *C. acutus*, 1 вид Chaetognatha *Eukrohnia hamata* и 1 вид Salpa *Salpa thompsoni*. Самыми многочисленными во всех зонах АЦТ оказались мелкие копеподы *Oithona similis* и *Ctenocalanus citer*.

На разрезе SR-2 ограничение распространения в широтном направлении выявлено только у четырех видов массовых копепод: *N. tonsus* отмечен для Субантарктики и ПФЗ, *C. acutus* встречается только южнее Средней струи Субантарктического фронта, т. е. начиная с ПФЗ, *C. propinquus* наблюдается только после ПФЗ, *M. gerlachei* – лишь к югу от Южного фронта. *C. simillimus*, *Rh. gigas* и *M. lucens* преобладают к югу от Субтропического фронта во всех зонах АЦТ.

На разрезе в проливе Дрейка для доминирующих по биомассе копепод *Rh. gigas* и *C. acutus* не отмечено влияние фронтов АЦТ на качественное распределение – эти виды встречаются на протяжении всего разреза. Следует подчеркнуть, что к северу от Полярного фронта встречается только 5-я стадия *C. acutus*. *M. lucens* присутствует в основном в зоне Полярного фронта, хотя в единичных экземплярах появляется к северу от 62° ю. ш. *C. simillimus* встречается везде севернее 62° ю. ш. *C. propinquus* отмечен для ПФЗ только до Южной струи Субантарктического фронта, а в зоне Полярного фронта и в Антарктике этот вид многочислен. Наши данные показали малочисленность *M. gerlachei* и отсутствие приверженности видов *C. simillimus*, *Rh. gigas* к какой-либо зоне на разрезе SR-2 и видов *Rh. gigas* и *C. acutus* – в проливе Дрейка в летний период.

Среди щетинкочелюстных в поверхностных водах разреза SR-2 распространение на север двух видов *Eukrohnia bathypelagica* и *Solidosagitta marri* ограничивается Южным фронтом. В проливе Дрейка в поверхностных водах распространение на север тех же двух видов ограничивается Северной струей Южного Полярного фронта. На распространение других видов щетинкочелюстных (*Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta gazellae*, *Pseudosagitta maxima*) фронты АЦТ влияния не оказывают.

### Заключение

Исследования биомассы зоопланктона в эпипелагиали Атлантического сектора Южного океана в декабре 2009 – январе 2010 г. показали, что пределы колебаний биомассы сходны для западной и восточной частей Атлантического сектора Южного океана – на соседних станциях значения биомассы могут различаться в 10 раз на обоих разрезах. Несмотря на значительные колебания значений, выявлено закономерное изменение общей биомассы зоопланктона в меридиональном направлении. Однако направление общего тренда изменения биомассы на разрезах диаметрально противоположно: на разрезе SR-2 общая биомасса в южном направлении увеличивается в 3 раза, тогда как в проливе Дрейка уменьшается в 6 раз в том же направлении.

По нашим данным, в местах прохождения гидрологических фронтов биомасса зоопланктона в эпипелагиали имеет локальные минимумы. Другие авторы [9, 13, 16] отмечают наличие областей повышенной биомассы зоопланктона в зонах гидрологических фронтов АЦТ на общем фоне низких значений биомассы, причем обогащение биомассой может достигать двух порядков [2, 3, 9]. По нашим данным, такие всплески биомассы зарегистрированы на соседних с фронтом станциях.

Анализ качественного распределения доминирующих видов копепод (*Calanus simillimus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia lucens*) и щетинкочелюстных (*Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta gazellae*, *Pseudosagitta maxima*) показал, что гидрологические фронты не являются границами распространения этих видов в период антарктического лета, в отличие от данных предыдущих исследований [1, 2, 4, 8, 11].

Таким образом, более детальное рассмотрение (расстояние между станциями 10–20 миль) распределения биомассы зоопланктона и его качественного состава вдоль меридиональных разрезов показало более сложные закономерности колебания значений биомассы в связи с влиянием на нее гидрологических фронтов АЦТ и отсутствие их существенного влияния на видовой состав.

### Литература

1. Бондаренко М. В. Распределение планктона в ЮПФЗ Атлантического океана // Электроника карлсберга в Южной полярной фронтальной зоне. Т. 2. Биологические аспекты существования и распределения. М., 1991. С. 12–20.
2. Васильев В. И. Сезонные изменения мезозоопланктона в ЮПФЗ Атлантического океана // Электроника карлсберга в Южной полярной фронтальной зоне. Т. 2. Биологические аспекты существования и распределения. М., 1991. С. 20–34.
3. Виноградов М. Е., Виноградов Г. М. Зоопланктонные сообщества фронтальной зоны Гольфстрима и субполярных вод // Океанологические исследования фронтальной зоны Гольфстрима. Полигон «Титаник». М., 2002. С. 77–110.
4. Волошина Г. В., Стапунова Т. М. Пространственно-временная изменчивость, состав и трофическая структура зоопланктона восточной части Атлантического сектора Южного океана в январе-апреле 1983 года // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана. Т. 3. С. 289–308.
5. Воронина Н. М. Вертикальное распределение и сезонные миграции массовых популяций копепод тихоокеанского сектора Антарктики в зависимости от факторов среды // Океанология. 1999. Т. 39, № 3. С. 395–405.

6. Воронина Н. М. Годовой цикл планктона в Антарктике // Основы биологической продуктивности океана и ее использование. М., 1970. С. 64–70.
7. Воронина Н. М. Особенности антарктического мезопланктона в разных типах вод тихоокеанского сектора // Океанология. 2002. Т. 42, № 1. С. 76–84.
8. Воронина Н. М. Экосистемы пелагиали Южного океана. М., 1984. 208 с.
9. Флинт М. В., Воронина Н. М., Колосова Е. Г. Распределение мезопланктона в районе субтропической фронтальной зоны // Экосистемы субантарктической зоны Тихого океана. М., 1988. С. 221–227.
10. Яшнов В. А. Инструкция по сбору и обработке планктона. М., 1934. 43 с.
11. Atkinson A., Ward P. Summer-winter differences in copepod distribution around South Georgia // Hydrobiologia. 1988. Vol. 167–168, N 1. P. 325–334.
12. Chiba S., Ishimaru T., Hosie G. W., Fukuchi M. Spatio-temporal variability of zooplankton community structure off east Antarctica (90 to 160° E) // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2001. Vol. 216. P. 95–108.
13. Errhif A., Razouls C., Mayzaud P. Composition and community structure of pelagic copepods in the Indian sector of the Antarctic Ocean during the end of the austral summer // Polar Biology. 1997. Vol. 17, N 5. P. 418–430.
14. Hunt B. P. V., Hosie G. W. The seasonal succession of zooplankton in the Southern Ocean south of Australia, part II: The Sub-Antarctic to Polar Frontal Zones // Deep-Sea Research. 2006. Vol. I, N 53. P. 1203–1223.
15. Orsi A. H., Whitworth T., Nowlin W. D. On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current // Jr. Deep Sea Res. 1995. Part I, 42. P. 641–673.
16. Pakhomov E. A., McQuaid C. D. Distribution of surface zooplankton and seabirds across the Southern Ocean // Polar Biology. 1996. Vol. 16, N 4. P. 271–286.
17. Sokolov S., Rintoul S. R. Circumpolar structure and distribution of the Antarctic Circumpolar Current fronts: 1. Mean circumpolar paths // J. Geophys. Res. 2009. Vol. 114, 19.

## **ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВОДАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2008 г.**

**В. А. Чугайнова, Н. В. Климовский**

*Северный филиал ПИНРО (г. Архангельск)*

### **Введение**

Фотосинтетическая деятельность планктонных водорослей служит первоисточником образования органического вещества в водоеме. Измерение первичной продукции, т. е. количества органического вещества, которое синтезируется фитопланктоном за единицу времени в процессе фотосинтеза, имеет большое значение при определении продуктивности водоема. За счет дыхания водорослей и окислительной деятельности бактерий происходит обратный процесс разрушения (деструкции) органического вещества. Сопоставление интенсивности фотосинтеза и деструкции органического вещества имеет немаловажное значение при изучении как направленности энергетических потоков в морской среде, так и влияния загрязняющих веществ на жизнедеятельность организмов в море.

### **Материалы и методы**

Отбор проб производился на акватории Баренцева моря на разрезе от Кольского п-ова до Штокмановского газоконденсатного месторождения. Работы проводились в летний период с 26 июля по 5 августа. За время рейса было проанализировано 33 пробы с поверхностного, придонного горизонтов и слоя «скачка».

Интенсивность фотосинтеза определялась по количеству выделенного кислорода при инкубации проб при температуре морской воды и естественном освещении в светлых и темных склянках в течение суток. По разности в содержании кислорода в склянках, инкубируемых на свету и в темноте, судят о фотосинтезе. Разница между исходным содержанием кислорода и таковым после суточной экспозиции в темноте дает значение деструкции. Таким образом, по выделению свободного кислорода в процессе фотосинтеза можно судить о количестве образовавшегося органического вещества.

Кислородный метод обычно используется в теплое время года, а также в прибрежных районах, когда можно уловить изменения в содержании кислорода после суточной экспозиции склянок.

## Результаты и обсуждение

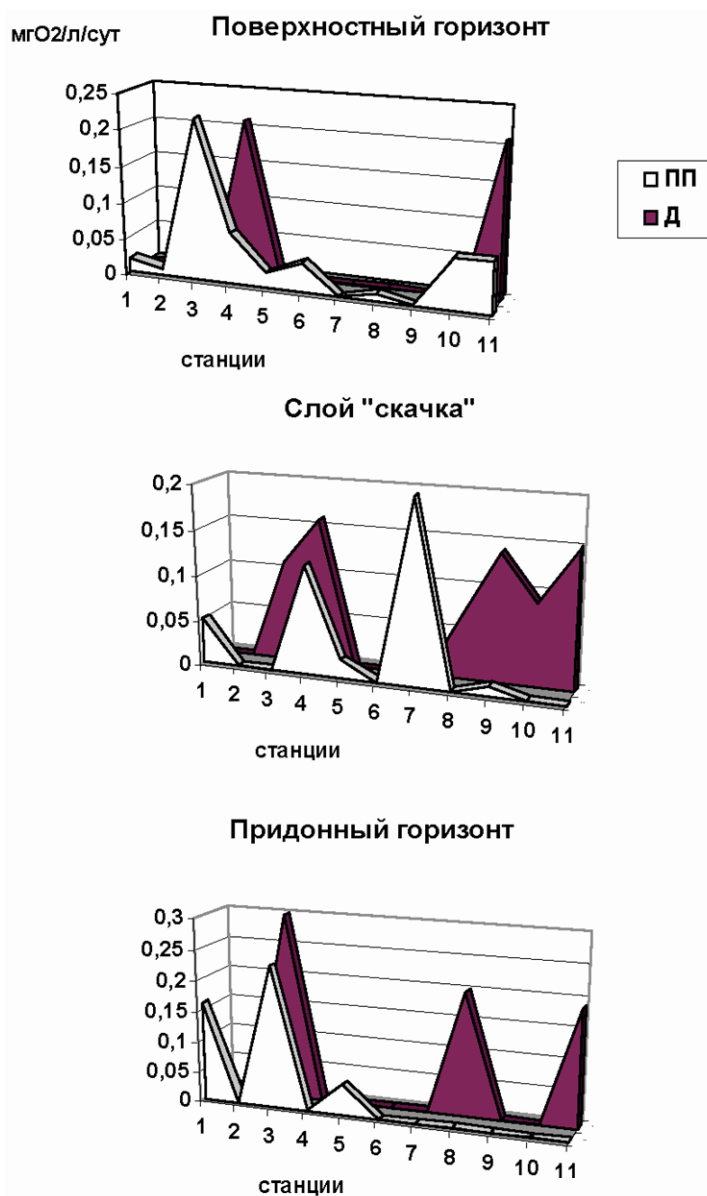
Годовую изменчивость планктонного сообщества можно условно разбить на четыре основных периода, соответствующих гидрологическим сезонам, сроки наступления которых могут сдвигаться во времени в зависимости от локализации района и гидрологических условий. Известно, что продукция фитопланктона в значительной степени зависит от концентрации биогенных элементов, которые в период максимального развития планктонного фитоценоза снижаются до лимитирующих значений. Поэтому можно предположить, что уровень продукции фитопланктона определяется в значительной степени составом и соотношением биогенных элементов.

Немаловажную роль в продуктивности экосистемы играет и расположение фронтальных зон. Значительное увеличение в этих зонах градиентов температуры, солености и плотности воды является причиной повышенной динамической активности, горизонтальных струйных течений и т. д. В связи с этим с фронтами часто связано возникновение районов высокой биологической продуктивности [3].

По данным различных авторов первичная продуктивность в изучаемом районе в летний период изменялась в широком диапазоне – от 6 до 200 мг С/м<sup>3</sup>/сут и более [2, 4, 5]. Работы по определению первичной продукции проводились в основном в прибрежной, наиболее продуктивной зоне. Исследования мори-стой части проводились эпизодически.

Результаты, полученные нами, также показали значительное колебание величин первичной продукции (ПП) по разрезу. Максимальные значения были выявлены в поверхностном и придонном горизонтах на станциях, расположенных вблизи Кольского п-ова: 0,22–0,23 мг О<sub>2</sub>/л/сут (что соответствует 82,5–86,25 мг С/м<sup>3</sup>/сут). В слое «скачка» – в центральной части разреза – 0,2 мг О<sub>2</sub>/л/сут (75 мг С/м<sup>3</sup>/сут). В придонном горизонте глубоководных станций (глубины больше 220 м) фотосинтез не наблюдался (рис.). Как видно из рисунка, максимальные значения продукции приурочены к прибрежному фронту вблизи Мурманского побережья (станции 3–4). Здесь даже в придонном горизонте были зафиксированы достаточно высокие значения ПП, сопоставимые со значениями в поверхностном горизонте и слое «скачка».

Одной из особенностей прибрежных фронтов является их «вертикальность» в летний период, когда в результате сочетания усиленного пресного стока с суши и приливного перемешивания на мелководьях повышенные градиенты гидрофизических параметров наблюдаются во всей толще вод от поверхности до дна моря, что служит, наряду с достаточным количеством биогенных элементов, благоприятным фактором для развития фитопланктона. Повышенные значения ПП в слое «скачка» в центральной части разреза при минимальных значе-



Распределение первичной продукции (ПП) и деструкции (Д) по разрезу в летний период 2008 г.

ниях на поверхности объясняются комплексом сложившихся условий среды, связанных с устойчивостью вод, содержанием питательных веществ и освещенностью.

В целом пространственное распределение продукции в период летней вегетации фитопланктона по акватории имело тенденцию к возрастанию с севера на юг (к побережью Кольского п-ва) и от дна к поверхности, что хорошо согласуется с распределением биомассы и фитопигментов планктонных водорослей. В период летнего минимума продукции, характеризующегося развитием процессов рециклинга, экологический метаболизм сообщества осуществляется в основном за счет ранее синтезированного органического вещества. Затраты сообщества на дыхание значительно превышают выход первичного синтеза. Этот период характеризуется пиком гетеротрофной активности в прибрежной пелагиали, и наибольшее развитие получают такие группы, как мезо- и микрозоопланктон, а также смешанное сообщество миксотрофных и гетеротрофных флагеллят [1].

Если рассматривать соотношение «продукция – деструкция», то мы видим, что средние статистические характеристики деструкции значительно превышают таковые продукции, что свидетельствует о несбалансированности этих процессов в данный период (табл.). Даже в слое активного фотосинтеза в большинстве случаев значения деструкции выше. Максимальные ее значения были обнаружены в придонном горизонте – 0,2–0,3 мг  $O_2$ /л/сут, что закономерно, так как на больших глубинах в отсутствие синтеза органического вещества происходит его минерализация.

#### Статистические характеристики продукции и деструкции в водах Баренцева моря в июле – августе 2008 г.

Статистика	Продукция, мг $O_2$ /л/сут			Деструкция, мг $O_2$ /л/сут		
	Поверхностный	Слой «скачка»	Придонный	Поверхностный	Слой «скачка»	Придонный
Среднее значение	0,05	0,04	0,04	0,08	0,12	0,14
Стандартное отклонение	0,06	0,07	0,08	0,12	0,04	0,13
Медиана	0,02	0,00	0,00	0,00	0,13	0,19
Максимальное значение	0,22	0,20	0,23	0,21	0,16	0,30
Минимальное значение	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Количество наблюдений	11	11	11	11	11	11

Соотношение «продукция – деструкция» было наиболее близко к сбалансированности в поверхностном слое и составляло в среднем 0,6, в слое «скачка» и в придонном этот показатель около 0,3, что свидетельствует о преобладании дыхания над фотосинтезом.

#### Заключение

Таким образом, в пелагиали моря в летний период количество органического вещества, синтезируемого фитопланктоном, меньше, чем расходуется планктонным сообществом в процессе деструкции. Это объясняется поступлением органики с материковым стоком, из бентических сообществ, населяющих прибрежную зону, в результате циркуляции водных масс, наличием фронтальных зон, а также и за счет ранее синтезированного органического вещества в процессе экологического метаболизма. В целом продукционно-деструкционный цикл явно не сбалансирован и не замкнут в границах пелагической зоны.

#### Литература

1. Дружков Н. В., Кузнецов Л. Л., Байтаз О. Н., Дружкова Е. И. Сезонные циклические процессы в североевропейских прибрежных пелагических экосистемах (на примере Центрального Мурмана, Баренцево море) // Планктон морей Западной Арктики. Апатиты, 1997. С. 145–178.
2. Кузнецов Л. Л., Шошина Е. В. Фитоценозы Баренцева моря. Физиологические и структурные характеристики. Апатиты, 2003. 308 с.
3. Научно-методические подходы к оценке воздействия газонефтедобычи на экосистемы морей Арктики (на примере Штокмановского проекта) / Под ред. Г. Г. Матишова и Б. А. Никитина. Апатиты, 1997. 393 с.
4. Савинов В. М. Фотосинтетические пигменты и первичная продукция Баренцева моря: пространственное распределение // Планктон морей Западной Арктики. Апатиты, 1997. С. 127–145.
5. Luchetta A., Lipizer M., Socal G. Temporal evolution of primary production in the central Barents sea // J. Mar. Syst. 2000. Vol. 27. P. 177–193.



## Часть 4

# Общие вопросы геоэкологии и географии







## ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

Е. В. Белова

*Карельская государственная педагогическая академия*

Географическая оболочка – это совокупность не только природных компонентов, но и процессов, в них происходящих. К природным процессам относятся движение литосферных плит, циркуляция воздушных масс, морские течения, эрозия почв и растительные сукцессии. Часть этих процессов негативно сказывается на жизнедеятельности человека. Это падение метеоритов, извержение вулканов, наводнения различного генезиса, нашествие саранчи... Такие процессы часто именуют экстремальными, т. е. «крайними, необычными по трудности, сложности» [3, с. 942]. Согласно географической терминологии, они называются опасными и неблагоприятными природными процессами и явлениями (ОНППЯ).

При классификации ОНППЯ различными исследователями используются параметры (показатели), характерные для науки, которую они представляют.

Одна из организаций, которой постоянно приходится ликвидировать последствия чрезвычайных ситуаций (ЧС), – это министерство чрезвычайных ситуаций (МЧС). Воздействие ЧС на объекты и окружающую среду различаются по характеру в зависимости от физической сути явления, длительности и площади воздействия, а также по величине наносимых потерь.

В учебном пособии для вузов А. В. Барина [1] все ЧС подразделяются на две группы: конфликтные и бесконфликтные. К первой относятся военные столкновения (война в Персидском заливе), экономические кризисы (2009 г.), политическая борьба (Тунис и Египет в 2010 и 2011 гг.), терроризм (взрыв в аэропорту Домодедово 24 января 2011 г.) и др. Бесконфликтные – это ЧС природного характера.

В основе систематизации чрезвычайных событий могут быть:

- сущность и характер базовых явлений и процессов, важнейшие признаки проявления (типы и виды);
  - характер поражающих факторов или источников опасности (тепловые, химические, радиационные, биологические и т. д.);
  - место возникновения или принадлежность;
  - главные причины возникновения (погодные, геофизические и др.);
  - интенсивность протекания;
  - масштабы воздействия (поражения);
  - характер воздействия на основные объекты поражения: разрушение, затопление и др. [1, с. 21].
- Все ЧС невоенного характера А. В. Барин классифицирует по следующим признакам:
- сфере возникновения;
  - ведомственной принадлежности;
  - масштабу возможных последствий.

Выделенные им признаки по сфере возникновения вызывают некоторые сомнения. По моему мнению, их логичнее будет подразделять на природные, техногенные и природно-техногенные, поскольку термин «экологические» здесь неуместен.

Классификации по ведомственной принадлежности и по масштабу возможных последствий имеют как практическое, так и теоретическое применение.

Несколько иной подход к классификации ОНППЯ рассматривается в книге «Меняющийся мир: географический подход к изучению» [2]. Она построена на генезисе процессов, а деление проводится на типы по площади проявления с учетом особенностей воздействия природных явлений. Такая классификация наиболее приемлема для изучения ритмичности природных процессов и явлений и их прогнозирования.

Заглавными буквами в таблице выделены виды неблагоприятных опасных явлений (НОЯ), оказывающие преимущественно ударное, разрушительное воздействие и проявляющиеся эпизодически, строчными – виды, оказывающие в основном угнетающее воздействие, повторяющиеся регулярно либо непрерывные.

**Неблагоприятные и опасные природные процессы и явления [2, с. 167–169]**

Генезис (преимущественно)	Типы по площади проявления	
	Слабо ограниченные или повсеместные	Резко ограниченные
Солнечно-космические	ПАДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ Магнитные бури Полярный режим солнечного освещения	
Климатические и гидрологические	ТАЙФУНЫ, УРАГАНЫ СМЕРЧИ, ШКВАЛЫ МОЛНИИ ГРАДОБИТИЯ Морские штормы Засухи, суховеи Экстремальные температуры и осадки Туманы Гололед, изморозь Обледенение судов Метели Распутица из-за снежного покрова и наката Омерзлочивание грунтов Мерзлотные просадки и пучения грунтов Термокарст Заболоченность Атмосферные неоднородности (для авиации) Сезонные колебания речного стока Ледовые явления на реках, морях и озерах	АБРАЗИЯ МОРСКИХ БЕРЕГОВ Наводнения Затопление и осушения берегов бессточных водоемов Нерегулярные приливные течения Водовороты в морях и океанах Наледи
Геолого-морфологические	ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ГОРНЫЙ УДАР ВЫБРОСЫ ВОД В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ Эрозия и дефляция почв Овражная эрозия Переформирование русел рек Заиление каналов и водохранилищ Движение перевеваемых песков Термоэрозия в зоне вечной мерзлоты Изменение уровня грунтовых вод вблизи водохранилищ и карьеров Распутица из-за размokания и пыления грунта Неблагоприятный рельеф	ЦУНАМИ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНОВ СЕЛИ ВОДОСНЕЖНЫЕ ПОТОКИ ОПОЛЗНИ СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ ОБВАЛЫ, КАМНЕПАДЫ МУТЬЕВЫЕ ПОТОКИ НА МОРСКОМ ДНЕ ОБРУШЕНИЯ, ПУЛЬСАЦИЯ И НАСТУПЛЕНИЕ ЛЕДНИКОВ Движение курумов, каменных глетчеров Солифлюкционные оползания грунта Оползание снега по склонам Плывуны Закарстованность
Геохимические	ВЗРЫВЫ РУДНИЧНОГО ГАЗА Засоление почв Коррозия искусственных материалов	Выбросы удушливых газов из водоемов
Биологические	БИОПОМЕХИ ТРАНСПОРТУ Биопомехи управляющим и распределительным системам Массовое размножение вредителей сельского хозяйства Воздействие кровососущих насекомых, хищников и т. п. Болезни растений Эпидемии Эпизоотии лесные, степные и т. п. Пожары «Морские засухи» (исчезновение промысловой рыбы)	

Число явлений, их разнообразие могут возрастать, так как природа и ее взаимодействие с человеком постоянно изменяются, и поэтому могут возникать новые ОНППЯ и увеличиваться масштабность их проявления. Сказывается численность и плотность населения, концентрация промышленных предприятий, густота транспортной сети, интенсивность сельскохозяйственной деятельности.

На территории Карелии, если рассматривать интенсивность ОНППЯ во времени, можно проследить некоторые изменения. Так, по мнению С. Б. Потахина [4], для Европейского Севера России (в частности, Олонецкой губернии XIX – начала XX столетия) наиболее широко были представлены неблагоприятные и опасные процессы и явления климато-гидрологического генезиса: градобития, молнии, кратковременные засухи, экстремальные температуры и осадки, сезонные колебания речного стока и другие. Без сомнения, проявлялись и геолого-геоморфологические явления, такие как речная эрозия, неблагоприятный рельеф. В историческом прошлом отмечались также и случаи значительных землетрясений. Из явлений и процессов биологического генезиса широкое распространение имели массовое размножение вредителей сельскохозяйственных культур, воздействие кровососущих насекомых, эпидемии, эпизоотии. Геохимические и солнечно-космические процессы и явления практически не представлены или же незначительно сказываются на жизнедеятельности населения.

С. Б. Потахиным [4] определено влияние разных групп ОНППЯ на хозяйственную деятельность человека. Единственное, с чем можно не согласиться, – это с ролью солнечно-космических процессов. Магнитные бури, продолжительность светового дня всегда в значительной степени воздействовали на организм человека, даже на его социо-культурные особенности.

В настоящее время на территории Карелии солнечно-космические и геолого-геоморфологические процессы продолжают оказывать свое влияние, т. е. они не претерпели больших изменений со стороны человека. А климато-гидрологические частично урегулированы людьми: строятся дамбы и плотины, асфальтируются дороги, но все равно они остаются преобладающей группой по воздействию (например, ураган августа 2010 г., снегопады и метели в конце ноября 2010 г.). Увеличилась активность воздействия геохимических процессов, связанная с расширением посевных территорий. С появлением средств борьбы с сельскохозяйственными вредителями, энцефалитными клещами уменьшился масштаб распространения неблагоприятных явлений биологической группы.

Изучение ОНППЯ, их классификаций и воздействия во времени открывает перспективу прогнозирования, создание моделей. Оно позволит в будущем снизить вероятность риска и количество ущерба, что уменьшит число жертв от опасных природных явлений.

### **Литература**

1. Баринов А. В. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М., 2003. 496 с.
2. Меняющийся мир: Географический подход к изучению: Советско-американский проект / Пер. с англ.; ред. Дж. Р. Матер и Г. В. Сдасюк. М., 1991. 392 с.
3. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. М., 1993.
4. Потахин С. Б. Свод опасных и неблагоприятных природных процессов и явлений на территории Олонецкой губернии XIX века. Петрозаводск, 1999. 148 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО КУРСА «НАУКА ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ» В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

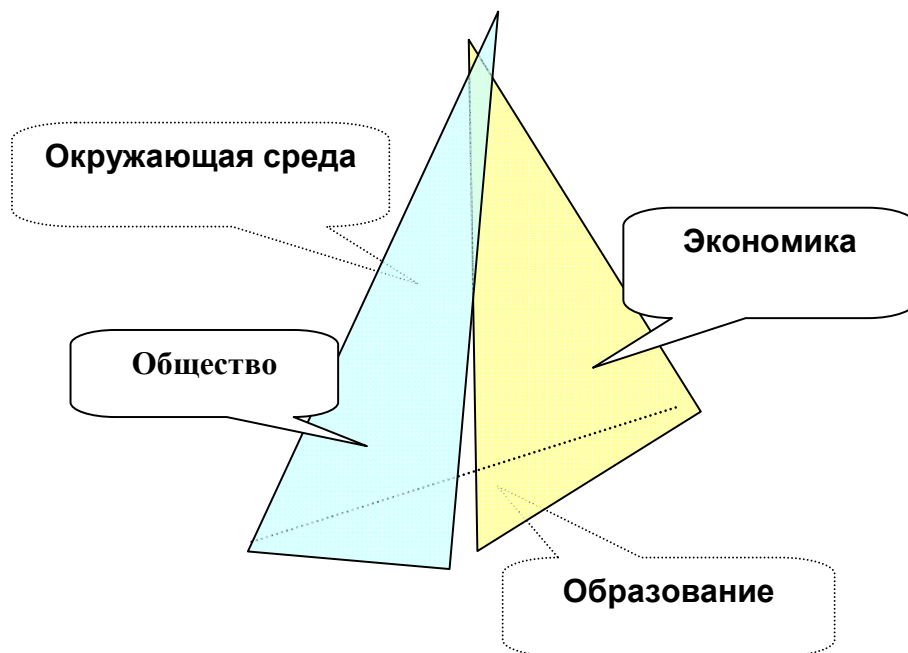
**Г. В. Бельская**

*Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время тесное взаимодействие общества и окружающей среды ставит человечество перед жестким экологическим императивом, что вызывает необходимость серьезной подготовки специалистов различных отраслей по вопросам общей экологии, рационального природопользования

и охраны окружающей среды. Экологическое и природоохранное мышление должно стать неотъемлемой частью идеологии специалиста и реализовываться им при выполнении профессиональных задач, а также частью общечеловеческой культуры молодого поколения.

Достижение перечисленных целей возможно только в рамках концепции Образование для устойчивого развития, т. е. такого развития человечества, которое обеспечивает равенство современных и будущих поколений в удовлетворении своих потребностей при существующем уровне развития биосферы. Образование для устойчивого развития является важнейшим фактором и двигателем социального прогресса и реформ. Профессор M. J. Scoullos [5] представляет концепцию устойчивого развития в виде пирамиды, в основе которой лежит образование:



Модель устойчивого развития по: [5]

В современной образовательной системе сформировалась концепция Образование для устойчивого развития [2–4], которая касается не только блока экологических дисциплин. Суть ее заключается в изменении содержания и формы образования, а также в обеспечении управления системой образования, с тем чтобы осуществлять подготовку специалистов нового поколения, для которых устойчивое развитие станет единственной возможной альтернативой выполнения профессиональных задач. Образовательный процесс для целей устойчивого развития, который должен быть налажен в образовательных учреждениях в связи с международными требованиями и национальным законодательством, следует организовать в соответствии с общепризнанными принципами управления по циклу Деминга (планирование, внедрение, проверка, анализ со стороны руководства), что обеспечит оценку и сравнимость результатов образовательного процесса. Концепция Образование для целей устойчивого развития включает в себя междисциплинарный и комплексный подход к изложению дисциплин, использование прогрессивных педагогических систем и инновационных технологий обучения, учет поликультурных особенностей студентов и преподавателей.

«НАУКА ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ» («ENVIRONMENTAL SCIENCE») – это одна из основных дисциплин, преподаваемых слушателям в рамках Программы Балтийского Университета (Baltic University Programme), в соответствии с концепцией Образование для устойчивого развития. Глобализация экологических проблем выдвигает насущную необходимость подготовки специалистов высшего звена со знанием английского языка, способных воспринимать и анализировать информацию, участвовать в международных экологических форумах, обладать умением свободно общаться с англоязычными специалистами.

На кафедре экологии Белорусского национального технического университета в рамках действующего учебного плана организовано преподавание дисциплины «Наука об окружающей среде» (НОС) на английском языке для студентов 1-го и 2-го курсов специальности «Экологический

менеджмент и аудит в промышленности». Контроль уровня знаний студентов – зачет. Студенты, успешно сдавшие его написанием тестового задания, получают международный диплом BUP с 15 кредитными баллами.

Преподавание курса проводится с использованием следующих учебно-методических ресурсов:

1) учебник «Environmental Science» (в том числе электронная версия в формате pdf); 2) учебное пособие «English for Environmental Science»; 3) руководство для преподавателей «Extended Syllabus and Comments for the courses Environmental Science for the Baltic Sea Region»; 4) видеофильмы; 5) <http://www.balticuniv.uu.se>.

Учебник «Environmental Science» содержит следующие разделы: А. Вопросы общей экологии. Материальный круговорот веществ и потоки энергии. В. Антропогенное воздействие на окружающую среду. С. Общество и окружающая среда. D. Устойчивое развитие. Экологический менеджмент.

Содержание и структура учебника обеспечивают эффективное усвоение материала. В дополнение к учебнику имеется Руководство для преподавателей (Extended Syllabus and Comments). Это Руководство, во-первых, рассчитано на 150 учебных часов для ускоренного обучения и 300 часов для полного обучения. Во-вторых, оно подготовлено для высокого уровня подготовки слушателей – сформировавшихся специалистов (инженеров, юристов, экономистов). В-третьих, в учебном процессе предполагается широкое использование технических средств. В-четвертых, оно предполагает продвинутое знание английского языка у студентов. Поэтому основные положения Руководства адаптированы к особенностям учебного процесса БНТУ.

Единственно возможным подходом к изложению материала является системный подход, т. е. основная идея любого изучаемого вопроса состоит в теснейшем взаимодействии общества и природы, между людьми и их физическим, химическим и биологическим окружением. Учебный процесс стимулирует студентов логически мыслить по цепочке: экологическая проблема – ее мониторинг – системное представление о масштабах и особенностях – моделирование и прогноз развития событий – пути управления окружающей средой.

Основной проблемой преподавания (обучения) дисциплины НОС является низкий уровень знания английского языка у студентов. Это приводит к плохой усвояемости материала и ограниченному доступу к международному сотрудничеству. По нашему мнению, пути решения могут быть следующими:

1. Перевод материала на русский язык; организация лекционных и семинарских занятий на русском языке. 2. Совершенствование знаний английского языка с учетом индивидуального уровня каждого студента по учебному пособию «English for Environmental Science». 3. Проведение занятий на английском языке [1].

Проведение занятий на русском языке имеет ряд преимуществ – максимальная доступность информации, относительная простота проведения занятий, участие всех студентов в учебном процессе. Недостатки метода – дискредитация международного статуса Программы Балтийский Университет, отсутствие у студентов знаний специальной терминологии и отсутствие доступа к международному сотрудничеству. Поэтому преподавание следует организовывать на английском языке.

Мы используем следующие методические приемы для проведения лекционных занятий:

1) на английском языке с обязательным использованием технических средств – для включения зрительной памяти студентов;

2) выделение опорных терминов и выражений;

3) освоение опорных терминов и выражений в качестве домашнего задания.

Используем следующие методические приемы в проведении семинарских занятий:

1) проведение теста на уровень знания английского языка в начале курса;

2) разделение студентов (с разным уровнем знанием английского языка) на звенья по 4–5 человек;

3) представление домашних заданий по темам в виде презентаций или устных сообщений;

4) дискуссия по представленным презентациям и выступлениям;

5) закрепление полученных знаний на основе ответов по Review Questions.

Для учета интересов студентов с нулевым знанием английского языка лекционные и практические занятия проводятся с обязательным последовательным переводом материала на русский язык. Для повышения выживаемости знаний планируется более широкое использование ресурсов Internet, видеофильмов, тестовых заданий.

## Литература

1. Бельская Г. В. Методические подходы к преподаванию дисциплины «Наука об окружающей среде» // БНТУ: Наука – образованию, производству, экономике. Минск, 2009.
2. Шаплыко Е. С. Современность и требования по управлению образовательным процессом в университете и возможность их стандартизации // Сб. 8-й науч.-практ. конф. БНТУ «Наука – образованию, производству, экономике». Секция «Инженерная экология». Т. 4. Минск, 2010.
3. Шаплыко Е. С., Дорожко С. В. Модель управления процессом образования для целей устойчивого развития // Материалы науч.-метод. конф. «Тез. докл. респ. науч.-метод. конф. Высшее техническое образование: проблемы и пути развития». Минск, 2008. С. 127–128.
4. Шаплыко Е. С., Дорожко С. В. Модель управления процессом образования для целей устойчивого развития // Материалы III междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь» / Под ред. Б. М. Хрусталева. Минск, 2009. С. 175–181.
5. Scoullos M. J., Malotidi V. Handbook on Methods used in Environmental education and Education for Sustainable Development. Athens, 2004.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

М. С. Богданова, А. В. Литвиненко

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### Введение

Применение геоинформационных технологий в разных сферах знаний, в том числе и при выполнении географических исследований, свидетельствует о возможности решения большого спектра научных и практических вопросов средствами ГИС. ГИС-технологии позволяют автоматически выполнять пространственные операции с объектами на карте, анализировать имеющуюся атрибутивную информацию и оперативно получать результаты для оценки.

В настоящее время накоплены большие объемы информации по водным ресурсам и их использованию. Обработка и анализ этих данных в ручном режиме требует огромных затрат времени и сил, при этом возможны субъективные ошибки. Применение ГИС-технологий при водохозяйственных исследованиях наиболее перспективно. Сотрудниками лаборатории географии и гидрологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН была выполнена работа по созданию ГИС «Водные ресурсы Республики Карелия и их использование».

### Материалы и методы

Основной целью работы было создание специализированной геоинформационной системы, обеспечивающей процессы формирования, ведения и представления данных по использованию водных ресурсов Республики Карелия (РК) для хозяйственных нужд, включающей:

- систематизацию существующей информации о водных ресурсах и водных объектах;
- обеспечение официальной информацией о водных объектах всех субъектов водных отношений;
- объективную оценку состояния водных объектов по качественным и количественным показателям;
- анализ водопотребления и водоотведения и т. д.

Работа выполнена по современным цифровым картам масштаба 1 : 1 000 000 и имеющимся в ИВПС базах данных по водным объектам и водопользователям. Также были использованы данные реестра водных объектов РК, созданного в ИВПС, и соответствующей географической информационной системы на основе электронной картографической основы масштаба 1 : 1 000 000. Эти результаты представлены как в электронном виде, так и опубликованы в форме «Каталога озер и рек Карелии» [4]. Кроме «Каталога...» для характеристики водных объектов использовались материалы «Ресурсы поверхностных вод...» [6], а также базы данных по «Водопользователям РК» и «Гидротехническим сооружениям» ИВПС. В качестве программных средств ГИС использовалось лицензионное MapInfo 9.5.



## Результаты и обсуждение

В ходе проделанной работы были сформированы цифровые картографические базы данных: «Водосборные бассейны», «Водоемы», «Водотоки», «Водопотребители» содержащие картографическую и атрибутивную информацию (рис. 1).

База «Водосборные бассейны» содержит информацию по 5 водосборным бассейнам 1-го порядка: Белое море, Каспийское море, Ботнический залив, Онежское озеро, Ладожское озеро, а также по 19 водосборным бассейнам 2-го порядка (например, р. Шуя, р. Водла и др.).

Для водных объектов слоев «Водоемы» и «Водотоки» была разработана система уникальных кодов, которая позволила идентифицировать 3524 озера и 2069 рек на карте масштаба 1 : 1 000 000.

Код озера составляется из: двух заглавных букв «ОЗ» (озеро) + двух заглавных букв названия водосборного бассейна 1-го порядка (Белое море – «БМ», Каспийское море – «КМ», Ботнический залив – «БЗ», Онежской озеро – «ОН», Ладожское озеро – «ЛА») + код водосборного бассейна 2-го порядка (от 01 до 19) + трехзначное число (от 001 до n) (рис. 2).

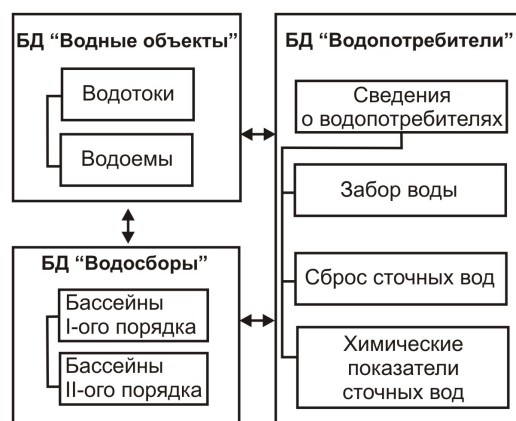


Рис. 1. Структура ГИС «Водные ресурсы Республики Карелия и их использование»

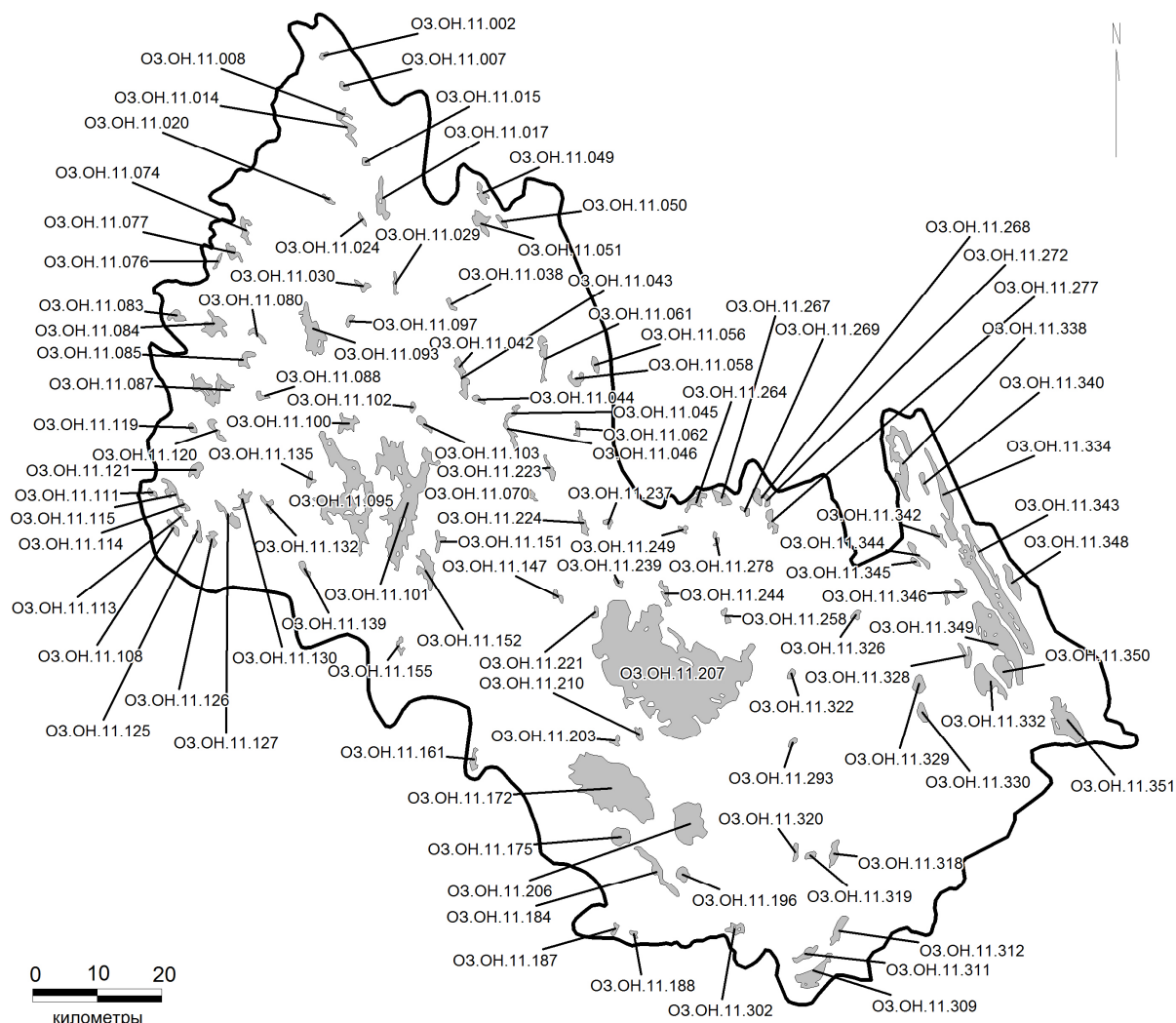


Рис. 2. Озера бассейна р. Шуя

Код реки составляется из: одной заглавной буквы «Р» (река) + двух заглавных букв названия водосборного бассейна 1-го порядка (Белое море – «БМ», Каспийское море – «КМ», Ботнический залив – «БЗ», Онежской озеро – «ОН», Ладожское озеро – «ЛА») + код водосборного бассейна 2-го порядка (от 01 до 19) + две цифры (от 01 до n) главной реки + две цифры (от 01 до n) приток 1-ого порядка + и т. д., если есть еще притоки. Нумерация рек внутри водосбора производилась с севера на юг и с запада на восток. Нумерация притоков – от истока к устью и вокруг озера по часовой стрелке от главной реки (рис. 3).

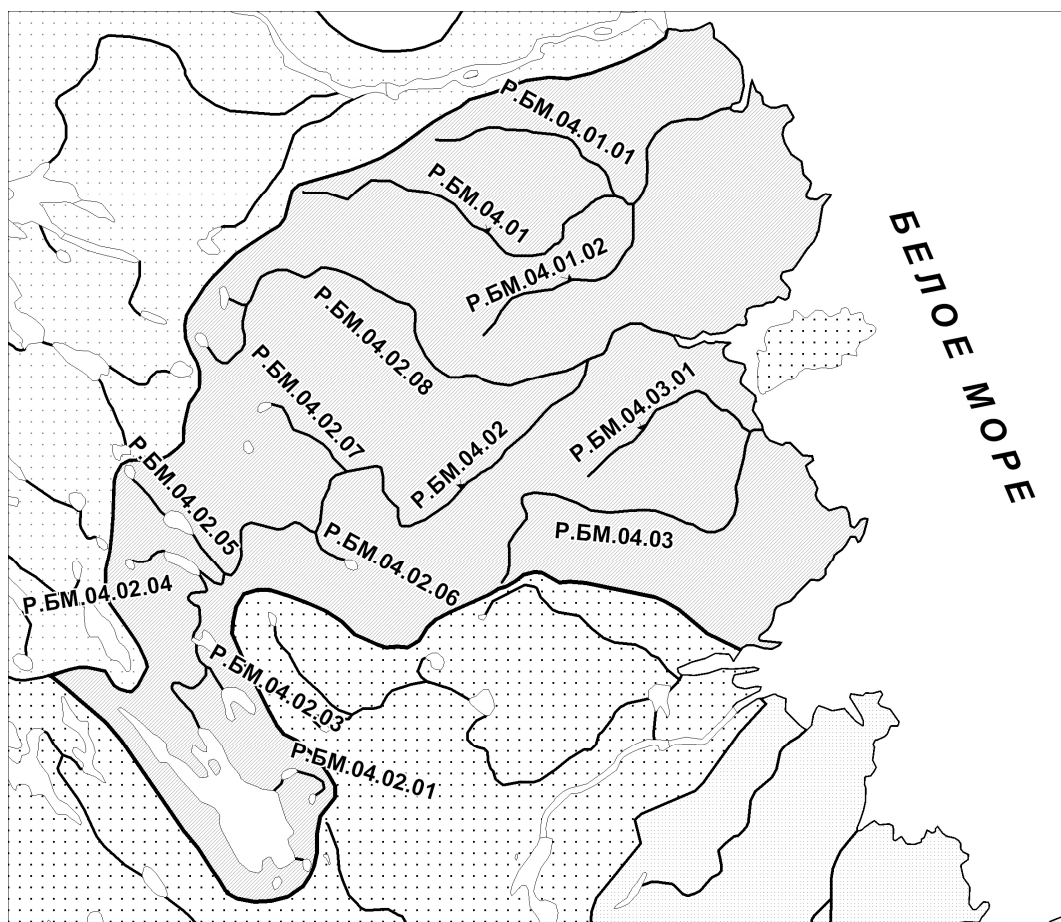


Рис. 3. Реки бассейна от устья р. Кемь до ББК

Структура таблиц по водным объектам включает информацию о кадастровом номере, морфометрии (площади озера, длине береговой линии, глубине, длине реки и т. п.), водоохранных зонах, прибрежных защитных полосах и категориях рыбохозяйственной значимости.

База данных «Водопользователи» состоит из четырех таблиц: «Сведения о водопользователях», «Забор воды», «Сброс сточных вод», «Химические показатели сточных вод». Для осуществления связи между таблицами была разработана система индексных полей – код района, код населенного пункта, код водного объекта. Каждому водопользователю для идентификации был присвоен уникальный семизначный код, который складывается из кода района, кода населенного пункта и номера водопотребителя.

Основная таблица этой базы данных «Сведения о водопотребителях» содержит информацию о водопользователе: название, размещении (район, населенный пункт), специализацию (отрасль и суботрасль экономики), источнике водоснабжения, водоподающих сетях, а также о бассейне (первого и второго порядка), к которому относится источник водоснабжения.

Таблица «Забор воды» включает в себя тематические данные по забору воды из природных источников и других водоподающих сетей, цели использования воды (хозяйственно-питьевые, промышленные, рыбохозяйственные, сельскохозяйственные и прочие нужды), информацию о передаче воды (чистой и после использования), а также ее потерях.

Таблица «Сброс сточных вод» содержит данные о: приемнике сточных вод (водный объект, выгреб, рельеф), водном бассейне приемника (первого и второго порядка), количестве сброшенной воды, качестве очистки, количестве переданной воды (чужих стоков по сети, дренажных вод), мощности очистных сооружений, оборотном и повторном водопотреблении.

Таблица «Химические показатели сточных вод» содержит информацию о наличии и количестве в воде взвешенных частиц, нефти, БПК и других химических показателей.

База данных «Водопользователи» формируется для отдельного года. В настоящее время созданы базы по 2002, 2003, 2005, 2007, 2008 и 2009 гг., что дает возможность анализировать динамику водопотребления, делать прогнозы развития водного хозяйства и т. д.

Для удобной работы с ГИС разработана система запросов (рис. 4), которая позволяет оперативно получать необходимую информацию, находить нужные выборки данных за отдельный год или в динамике по годам, создавать отчеты и тематические карты.

ГИС «Водные ресурсы Республики Карелия и их использование» может быть использована в работе министерств, ведомств и других организаций, связанных с вопросами учета, рационального использования и охраны водных ресурсов.

### Литература и картографические материалы

1. Атлас «Карелия. Северная часть». Масштаб 1 : 100 000. 2005.
2. Атлас «Карелия. Центральная часть». Масштаб 1 : 100 000. 2005.
3. Атлас «Карелия. Южная часть». Масштаб 1 : 100 000. 2004.
4. Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н. Н. Филатова и А. В. Литвиненко. Петрозаводск, 2001. 290 с.
5. Общегеографический региональный атлас «Республика Карелия». Масштаб 1 : 200 000. 2002.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л., 1965. 700 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Е. Д. Войнолович

*Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения*

Полиэтилен – самый популярный материал в мире. Годом его рождения считается 1899, когда немецкий ученый Ганс фон Пехманн случайно получил воскоподобное вещество, названное полиметиленом. Будучи практически идентичным современному полиэтилену, оно, тем не менее, не получило широкого распространения, и открытие было забыто на 34 года, пока англичане Эрик Фосет и Реджинальд Гибсон не получили его в своей лаборатории. Еще два года спустя полиэтилен начали использовать в производстве телефонного кабеля, а в 1950-е, в период активного развития супермаркетов, Туманный Альбион заполнили полиэтиленовые пакеты. Открытие фон Пехманна получило второе рождение.

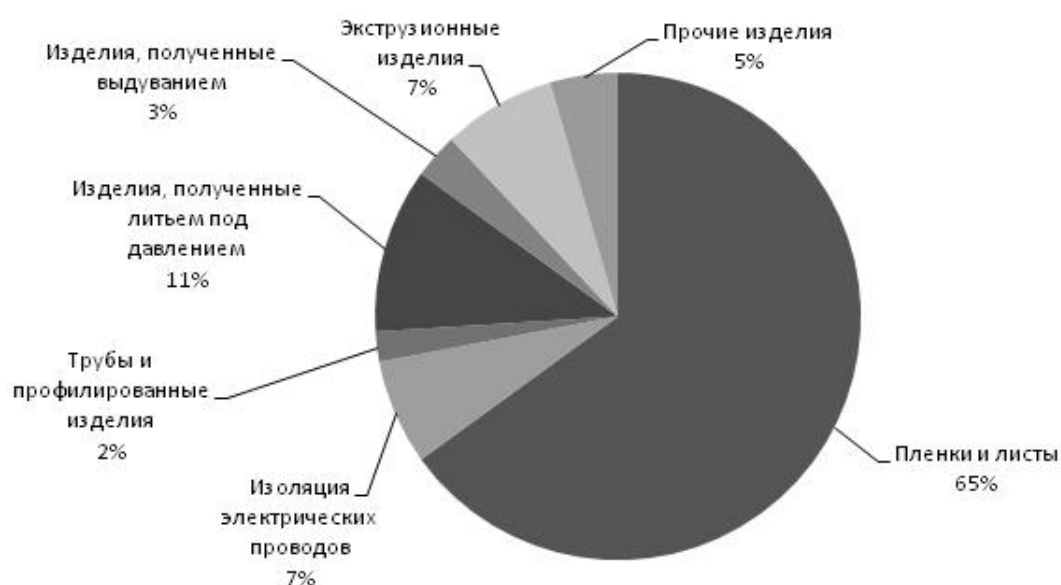
На что же расходуют этот чудо-продукт? Из полиэтилена изготавливают разнообразные технические и выдувные изделия, трубы, тару, фитинги, пленки и упаковочные средства. Некоторые виды используют как основу для клеев и покрытий для других материалов (рис.)<sup>1</sup>.



Рис. 4. Система запросов

Наибольшее распространение получил полиэтилен высокого давления (ПЭВД), или полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), его используют для изготовления практически любых изделий (кроме выдувных и экструзионных). Из него же производят «бич» современной экологии – полиэтиленовые пакеты.

Каждый год мир производит около 60 млн т полиэтилена. По данным Комитета ООН по охране природы, ежегодно пластиковые отходы становятся причиной смерти 1 миллиона птиц, 100 тысяч морских млекопитающих и неисчислимого количества рыб. Годовая производительность в Южно-Африканской Республике составляет 7 млрд штук пластиковых пакетов, а каждый взрослый британец ежегодно использует около 400 единиц этих изделий. В Москве каждый год расходуется около 4 млрд полиэтиленовых пакетов – их доля в составе твердых бытовых отходов (ТБО) достигла 10%, а на переработку идет лишь 5%, остальные отвозят на свалки – в настоящее время московские мусорные полигоны на 30–40% заполнены полимерными отходами<sup>2</sup>. А в Тихом океане вот уже более 50 лет плавает «остров» из пластика, 80% которого попадает туда с суши. К 2007 г. его масса перевалила за 3,5 млн т и продолжает расти<sup>3</sup>. К слову, период полного разложения полиэтилена – более 400 лет.



Структура потребления полиэтилена, %

Пластик медленно убивает жизнь на нашей планете. Природа задыхается, но полиэтилен все так же популярен. Почему? Всего два фактора. Это просто. Это дешево. Человек всегда стремился получить наибольшую выгоду, затратив при этом минимум усилий.

Среднестатистический реактор для изготовления ПЭВД потребляет 30 кВт/ч электроэнергии, а за год использует примерно 262 800 кВт, производя при этом около 150 000 т продукции. Среднестатистическая (от работающих на угле и на газе) российская ТЭС вырабатывает приблизительно  $2020,9 \cdot 10^9$  кВт энергии в год (табл.)<sup>4, 5, 6</sup>. Посредством нехитрых вычислений можно узнать, что затраты на единственный реактор для ПЭВД – это всего лишь  $0,1 \cdot 10^{-6}\%$  от общей энергии, вырабатываемой одной электростанцией. Мизерная цифра. Прельщаясь легкой наживой, люди тратят до 4% всей добываемой нефти на синтез полиэтилена.

Сравнение эффективности работы электростанций

	Среднее количество энергии, производимой одной электростанцией за час, кВт/ч	Среднее количество энергии, производимой одной электростанцией за год, кВт/ч	Количество топлива, необходимого для производства 1 кВт/ч	Расход топлива на 1 час работы электростанции	Расход топлива на 1 год работы электростанции
Уголь	384 420,00	$336,8 \cdot 10^9$	290 г	$112 \cdot 10^6$ г	976 580,6 т
Газ	422 986,00	$3705 \cdot 10^9$	0,29 м <sup>3</sup>	$123 \cdot 10^3$ м <sup>3</sup>	767 538,3 т СПГ

Примечание. СПГ – сжиженный природный газ – природный газ, сжижаемый при охлаждении до  $-161^\circ$ ; 1 т СПГ = 1400 м<sup>3</sup>.

Дальше больше: на рециклинг (повторную переработку) идет менее 1% пластика, так как из-за разнообразия видов перерабатывать его сложнее, чем что-либо. Хотя переработка одной тонны пластика позволяет сэкономить 750 кг нефти. Полигоны для захоронения переполнены, а сжигать полимеры тоже не выход – выделяются вредные для здоровья человека вещества, да и не рентабельно к тому же. А ведь пластиковые пакеты составляют 7–9% всего производимого человеком мусора<sup>7</sup>.

Что же делать? Этим вопросом мировая общественность озабочена уже очень давно. В Австралии, Ирландии, Дании и ряде других стран введен налог на использование полиэтиленовых пакетов. В США, Германии и Сингапуре они и вовсе под запретом.

Ученые разрабатывают альтернативу – так называемый биопластик – в структуру полимерных изделий добавляется биологическое звено, которое, поедаясь бактериями, способствует более быстрому естественному разложению материала. Но такие материалы слишком дороги, поэтому их массового внедрения еще придется подождать. И пока этого не произошло, каждый горожанин может внести свою лепту в очищение мира от полиэтиленовой напасти – нужно только ходить в магазин со своей сумкой, не покупать напитки и еду в пластиковых упаковках и не бросать мусор, куда попало.

Являясь общемировой проблемой, пластик увеличивает экологический след каждого человека на Земле и, соответственно, каждой страны («экологический след» – это условное понятие, отражающее потребление человечеством ресурсов биосферы. Это площадь (в гектарах) биологически продуктивной территории и акватории, необходимой для производства используемых нами ресурсов и поглощения и переработки наших отходов). В 2005 г. глобальный экологический след составил 17,5 млрд глобальных гектаров (гга), или 2,7 гга на человека (глобальный гектар представляет собой гектар со средней по земному шару способностью к производству ресурсов и ассимиляции отходов).

В то же время общая площадь продуктивных суши и водных поверхностей планеты, или биоемкость, составила 13,6 млрд гга, или 2,1 гга на человека<sup>8</sup>.

Одной из основных причин увеличения экологического следа и залежей пластика является «потребительская раскованность» человека – чем больше продуктов мы потребляем, тем больше отходов производим. Все, что нужно – это контролировать свои желания.

Контроль. Так просто, но так недостижимо.

#### Источники

1. <http://www.polimerportal.ru/index.php/2008/11/polietilena/#more-2875>
2. <http://www.graintek.ru/biomaterialy/pakety/>
3. <http://www.vokrugsveta.ru/news/2463/>
4. <http://www.diclib.com/Теплоэлектроцентраль/show/ru/bse/71143>
5. [http://www.manbw.ru/analitics/power\\_stations\\_basis\\_gas\\_turbine\\_units\\_paybackperiods\\_cost\\_electric\\_power\\_produced.html](http://www.manbw.ru/analitics/power_stations_basis_gas_turbine_units_paybackperiods_cost_electric_power_produced.html)
6. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_тепловых\\_электростанций\\_России](http://ru.wikipedia.org/wiki/Список_тепловых_электростанций_России)
7. [http://www.ecowiki.ru/index.php?title=I'm\\_not\\_a\\_plastic\\_bag](http://www.ecowiki.ru/index.php?title=I'm_not_a_plastic_bag)
8. [http://www.bellona.ru/articles\\_ru/articles\\_2008/1227782384.69](http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2008/1227782384.69)

## ГЕНЕЗИС ОЗЕРНЫХ КОТЛОВИН ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**К. В. Воробьев**

*Псковский государственный педагогический университет им. С. М. Кирова*

На территории Псковской области насчитывается более 3700 озер площадью более 0,02 км<sup>2</sup> (2 га). Суммарная площадь всех псковских озер составляет 3261 км<sup>2</sup>, или 6% от площади территории области (55 тыс. км<sup>2</sup>). Следует отметить, что из общей площади, занятой озерами, 2100 км<sup>2</sup> приходится на акваторию Псковско-Чудского озера, занимающего по размерам четвертое место в Европе [2, 3].

Образование котловин, или впадин большинства из этих озер в той или иной мере связано с рельефообразующей деятельностью покровных плейстоценовых ледников, поэтому их следует относить к гляцигенному типу. Анализ локализации псковских озерных впадин с точки зрения особенностей геоморфологии территории Псковской области позволяет подразделить их на три

группы: 1) озерные котловины ледораздельных (островных, межлопастных) возвышенностей; 2) озерные котловины гляциодепрессионных низменностей; 3) озерные котловины маргинальных возвышенностей.

Озерные впадины первой группы расположены среди комплексов холмисто-грядового моренного и водно-ледникового рельефа Лужской, Судомской и Бежаницкой возвышенностей. Данные по современной озерности этих возвышенностей: Бежаницкая – 8%, Судомская – 3%, Лужская – 3,7% – указывают на достаточно широкое развитие в комплексах их рельефа озерных котловин. Эти крупные положительные макроформы ледниково-аккумулятивного рельефа области сформировались за счет повышенной аккумуляции ледниковых и водноледниковых осадков в зоне ледораздела между Псковской лопастью Чудского и Ильмень-Ловатской лопастью Ладожского ледниковых потоков во время трансгрессивных и регрессивных этапов развития плейстоценовых покровных ледников [8]. Они обладают сложным гляциоморфологическим строением, представленным сочетанием межъязыковых угловых массивов и разделяющих их языковых гляциодепрессионных низин. Холмисто-грядовый, линейно-ориентированный рельеф угловых массивов представляет собой серию сближенных и разновозрастных латеральных рецессионных краевых комплексов, формирование которых происходило в угловых развилках между соседними ледниковыми языками в условиях движения ледниковых масс по плоскостям внутренних сколов. При этом в толще отложений основной и абляционной морены захоранивались прослои и линзы относительно чистого режеляционного глетчерного льда, после вытаявания которых в конце плейстоцена – начале голоцена (аллеред – атлантикум) образовались термокарстовые озерные впадины. Озерные котловины угловых массивов ледораздельных возвышенностей имеют небольшие размеры, и площадь акватории занимающих их водоемов обычно не превышает 0,5 км<sup>2</sup>. На Бежаницкой возвышенности примерами таких озер являются оз. Арно (0,3 км<sup>2</sup>), оз. Ольховец (0,4 км<sup>2</sup>), оз. Липне (0,3 км<sup>2</sup>), оз. Студенецкое (0,3 км<sup>2</sup>); на Судомской возвышенности – оз. Киселево (0,36 км<sup>2</sup>), оз. Жедрицкое (0,5 км<sup>2</sup>), оз. Доло-сецкое (0,25 км<sup>2</sup>); на Лужской возвышенности – оз. Княжицкое (0,2 км<sup>2</sup>), оз. Высоковское (0,21 км<sup>2</sup>), оз. Подол (0,27 км<sup>2</sup>), оз. Соседно (0,24 км<sup>2</sup>), оз. Псковитянское (0,27 км<sup>2</sup>). Такие озерные котловины имеют глубину до 10–15 м, крутые и высокие склоны, дно их осложнено чередованием впадин и поднятий, а последние нередко образуют в акватории озера острова.

На поверхности языковых гляциодепрессионных низин, разделяющих соседние угловые массивы, преобладающий фон рельефа мелкохолмистой равнины основной морены осложняется цепями холмисто-грядовых комплексов рецессионных краевых образований, участками камового рельефа, полосами зандровых конусов и пятнами полого-волнистого рельефа озерно-ледниковых равнин. Это разнообразие генетических типов рельефа отражает особенности отступления края ледниковых языков, которое сопровождалось образованием на начальных этапах деградации в верховьях гляциодепрессий относительно крупных массивов мертвого льда и формированием на контакте их с активным краем языков цепей краевых образований, изолирующих отмерший участок бывшей периферии ледникового языка. После таяния таких массивов мертвого льда на их месте формировались изолированные впадины крупных современных озерных водоемов. К котловинам таких озер на Бежаницкой возвышенности относятся оз. Але (13,9 км<sup>2</sup>), оз. Великая Вода (2,64 км<sup>2</sup>), оз. Локново (6,2 км<sup>2</sup>), оз. Ужо (8,2 км<sup>2</sup>); на Судомской возвышенности – оз. Городновское (3,3 км<sup>2</sup>), оз. Локно (2,6 км<sup>2</sup>); на Лужской возвышенности – оз. Черное (9,0 км<sup>2</sup>), оз. Щирское (9,0 км<sup>2</sup>). Относительная глубина таких озерных котловин составляет 15–25 м. В плане они имеют сложную конфигурацию, в связи с чем береговая линия занимающих их ныне водоемов сильно изрезана и изобилует полуостровами, а контрастный рельеф днищ таких впадин подчеркивается наличием в них многочисленных островов. Ограниченное развитие в пределах территории языковых гляциодепрессионных низин получили термокарстовые озерные котловины, которые встречаются среди холмисто-грядового рельефа краевых комплексов и на участках развития здесь зандровых равнин.

Озерные котловины второй группы располагаются в пределах площади бывших Псковско-Великоречской и Ильмень-Ловатской лопастных гляциодепрессий и Лужско-Плюсской, Хиловской и Соротской языковых гляциодепрессий. Как правило, гляциодепрессии наследуют понижения доледниковой поверхности, которые во время покровных оледенений были заполнены движущимися ледниковыми массами. На поверхности девонских коренных пород таких псковских доледниковых понижений залегает относительно маломощная толща, главным образом, основной морены трансгрессивного этапа последнего покровного ледника, отложения которой в свою очередь перекрыва-

ются водноледниковыми, в основном, лимногляциальными осадками его регрессивного этапа. Рельеф таких гляциодепрессионных низменностей обычно представлен полого-волнистыми или плоскими, наклонными или ступенчатыми абразионными и аккумулятивными озерно-ледниковыми равнинами, поверхность которых может осложняться системами озовых гряд, массивами камов и генерациями цепей краевых образований разного возраста. Средняя озерность территории подобных гляциодепрессионных низменностей ныне составляет около 1%. Здесь получили развитие, главным образом, остаточные озера, образование котловин которых связано с регрессией ледникового края лопастей и языков. В условиях характерного для поверхности псковских гляциодепрессионных понижений обратного уклона по отношению к движению заполнявших их ледниковых масс перед отступающим ледниковым краем лопасти или языка, подпруживающим сток талых ледниковых вод, на освободившейся от ледниковых масс площади гляциодепрессии формировались относительно обширные приледниковые озерные бассейны. В ходе постепенной деградации ледниковых лопастей водные массы таких подпрудных озер были спущены на более низкий уровень, а в наиболее пониженных участках озерно-ледниковых равнин, обусловленных особенностями доледникового рельефа, процессами экзарации или термокарста, сохранялись остаточные озера-реликты. Озерные котловины таких озер имеют пологие склоны, поэтому обычно слабо выражены, а их относительная глубина редко превышает 4–6 м. Акватория таких остаточных озер, расположенных на лопастных гляциодепрессионных низменностях, ныне составляет, как правило, более 5 км<sup>2</sup>, а на языковых – 0,2–3 км<sup>2</sup>. Типичными примерами подобных озер-реликтов приледниковых озерных бассейнов являются на Псковской гляциодепрессионной низменности – оз. Белая Струга (5,8 км<sup>2</sup>), оз. Велье (5,8 км<sup>2</sup>); на Ильмень-Ловатской гляциодепрессионной низменности – оз. Полисто (31,6 км<sup>2</sup>), оз. Дубец (11,3 км<sup>2</sup>), оз. Дулово (8,3 км<sup>2</sup>); на Усвятской гляциодепрессионной низменности – оз. Жижицкое (51,3 км<sup>2</sup>), оз. Двинье (31,1 км<sup>2</sup>), оз. Велинское (21,2 км<sup>2</sup>); на Хиловской гляциодепрессионной низменности – оз. Радиловское (5,3 км<sup>2</sup>); на Соротьской гляциодепрессионной низменности – оз. Белогули (3,1 км<sup>2</sup>), оз. Посадниковское (2,2 км<sup>2</sup>), оз. Орша (2,76 км<sup>2</sup>), оз. Вехно (2,35 км<sup>2</sup>), оз. Сухловское (0,35 км<sup>2</sup>), оз. Алтун (0,33 км<sup>2</sup>) и др.

Кроме остаточных озер на территории гляциодепрессионных низменностей в небольшом количестве встречаются озера с эрозионно-экзарационными впадинами. Они приурочены к северо-западному участку Псковской гляциодепрессионной низменности, где наблюдается минимальная (2,0–5,0 м и менее) мощность позднеплейстоценовых гляциально-водноледниковых отложений, и поверхность этой низменности наследует сохранившиеся черты рельефа доледниковой водно-эрозионной сети, врезанной в уступ и структурный склон девонской куэсты и структурный склон ордовикской куэсты [8–10]. Озерные котловины приурочены здесь к древним речным долинам, частично экзарированным активными ледниковыми массами на трансгрессивном этапе развития Псковско-Великорецкой лопасти Чудского ледникового потока позднеплейстоценового покровного ледника, или к доледниковым впадинам, выработанным эрозионной деятельностью древней речной сети. Большинство этих древних долин и впадин по мере развития покровного оледенения было запломбировано блоками и линзами мертвого льда, захороненными под толщей основной морены, и расконсервировалось в послеледниковье [8, 9]. К котловинам такого генезиса относится, например, впадина Псковско-Чудского озера, которая была выработана в доледниковье речной сетью в толще коренных песчано-глинистых отложений верхнего девона структурного склона ордовикской куэсты в зоне стыка двух тектонических структур Русской плиты – Тартуского выступа и Ладужской моноклинали, а затем подвергнута в плейстоцене процессам неоднократной экзарации и консервации ледниковыми массами плейстоценовых покровных ледников [1, 5, 6].

Примерами долинных озер здесь могут служить цепочечные системы небольших озерных котловин внутри полупогребенных под толщей абляционных моренных и водноледниковых отложений доледниковых долин, врезанных в верхнюю часть структурного склона и уступа девонской куэсты: группа, образованная оз. Городищенским и оз. Мальским (Изборско-Мальская долина); цепь озер (Боровеньковское, Троицкое, Усовское, Кучинское, Утецкое) в Митковской долине; цепь озер (Ужинское, Гористое, Долгое, Велино) на отрезке доледниковой долины, наследуемой р. Желча. Котловины таких озер обычно вытянуты в длину, имеют V-образный профиль и глубины от 6–7 до 15–20 м. По-видимому, в образовании их котловин помимо процессов доледниковой водной эрозии и экзарации могли принимать участие процессы термокарста при вытаивании погребенных под толщей абляционных плейстоценовых осадков линз и блоков мертвого льда.



В пределах площади водораздельных пространств доледниковых врезов девонской куэсты, где коренные трещиноватые карбонатные и сульфатные породы слегка прикрыты плейстоценовыми осадками, встречаются небольшие карстовые впадины, занятые временными и постоянными озерами.

Озера маргинальных возвышенностей локализуются в пределах площади холмисто-моренного рельефа Себежских и Великолукских гряд, входящих в качестве самостоятельных звеньев маргинального рельефа в состав Балтийско-Валдайского или Главного моренного краевого пояса [7, 8]. Эти возвышенности образовались в результате аккумуляции моренного и водноледникового обломочного материала у отступающего края Псковской лопасти Чудского ледникового потока и Ильмень-Ловатской лопасти Ладожского ледникового потока позднеплейстоценового покровного ледника во время регрессивных фаз вековско-крестецкой стадии. В связи с этим гляциоморфологическая структура их рельефа характеризуется системой, образованной сочетанием линейных рецессионных комплексов краевых образований фронтального, предфронтального и зафронтального типов. Фронтальные краевые комплексы рельефа представлены цепями холмов и гряд в сочетании с небольшими угловыми массивами, образовавшимися в результате аккумуляции абляционного моренного и водноледникового материала непосредственно у фестончатого края ледниковых лопастей. Предфронтальные краевые комплексы формировались проксимальнее ледникового края и образованы или в результате деятельности потоков талых ледниковых вод, там где отток последних был свободным, и представлены ассоциациями зандровых конусов или полосой зандровой равнины, и участками полого-волнистого рельефа озерно-ледниковых равнин, образовавшихся на месте локальных приледниковых подпрудных озер, там где отток талых вод от ледникового края был затруднен. Зафронтальные краевые комплексы формировались дистальнее активного края лопастей в ходе таяния полосы мертвого льда и образования на ее месте линейных участков холмисто-западинного камово-озового рельефа. Различие в генезисе, морфологии и составе осадков каждого из названных краевых комплексов объясняет своеобразие формирования в рельефе каждого из них озерных котловин.

Для озер маргинальных возвышенностей, расположенных в рельефе фронтальных холмисто-грядовых комплексов, наиболее характерны котловины термокарстового генезиса. По своей морфологии и генезису они аналогичны озерным котловинам угловых массивов ледораздельных возвышенностей.

Котловины озер, расположенные на участках полого-волнистого рельефа озерно-ледниковых и зандровых равнин в пространстве между соседними цепями краевых образований, образовались, по-видимому, на месте полос мертвого льда, расчлененных на отдельные блоки трещинами, которые были заполнены флювио- и лимногляциальными отложениями. После таяния этих блоков мертвого льда на их месте образовались впадины, а на месте трещин образовались гряды, ограничивающие эти котловины по периферии. Для таких озерных впадин характерны относительно плоские днища и крутые склоны, отражающие контакт окраины блока мертвого льда с отложениями, которые заполняли трещины. Глубина этих озерных впадин достигает 30–40 м, а их площадь занимает несколько десятков км<sup>2</sup>. Эти их параметры дают некоторое представление о размерных характеристиках блоков мертвого льда. Ныне они заняты нередко относительно крупными озерными бассейнами (озера Нечерица – 15,5 км<sup>2</sup>; Свибло – 13,4 км<sup>2</sup>; Себежское – 16,2 км<sup>2</sup>; Неведро – 8 км<sup>2</sup>; Урицкое – 12,3 км<sup>2</sup> и др.).

Третьей разновидностью озер маргинальных возвышенностей являются ложбинные озера, котловины которых наследуют или расконсервированные от мертвого льда реликты довалдайских долин, или ложбины, созданные эрозионной деятельностью подледниковых потоков талых вод. Их локализация тяготеет к так называемым шовным ледораздельным зонам, для которых во время деградации покровного оледенения характерна активная эрозионная и аккумулятивная деятельность потоков талых ледниковых вод [4, 11]. Такие озерные впадины вытянуты в длину на несколько километров при ширине от 0,5 до 1,0 км и глубине до 30 м. Нередко они группируются в линейные цепи и, соединяясь между собой протоками, образуют единую озерно-речную систему. Котловины этой разновидности занимают в настоящее время озера Яское (5,5 км<sup>2</sup>), Ашо (5,29 км<sup>2</sup>), Орля (5,0 км<sup>2</sup>), Язно (6,3 км<sup>2</sup>), Усвеча (5,95 км<sup>2</sup>) и другие, расположенные в зоне контакта восточной части Себежской маргинальной возвышенности с юго-западной окраиной Бежаницкой ледораздельной возвышенности.

## Литература

1. Карпухина Н. В., Татарников О. М. Генезис и эволюция Псковско-Чудской впадины // Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты (Тр. VI Щукинских чтений). М., 2010. С. 430–431.
2. Лесненко В. К., Абросов В. Н. Озера Псковской области. Псков, 1973. 154 с.
3. Лесненко В. К., Исаченков В. А., Исаченков А. В. О районировании Восточно-Европейского поозерья // Проблемы исследования региональных особенностей озер. Иркутск, 1985. С. 25–31.
4. Пиманенок С. А. К вопросу о типах ледораздельных участков // Материалы общ.-науч. конф. «Природные и культурные ландшафты: проблемы экологии и устойчивого развития». Ч. II. Псков, 2002. С. 5–7.
5. Раукас А. В., Ряхни Э. Э. О геологическом развитии впадины и бассейна Чудского и Псковского озер // Изв. АН ЭССР. Сер. Химия – Геология. 1969. № 2. С. 113–127.
6. Раукас А. В., Ряхни Э. Э. Донные отложения и геологическое развитие Псковско-Чудского озера // Позднекайнозойская история озер в СССР. Новосибирск, 1982. С. 117–123.
7. Соколов Н. Н. Геологическое строение и история развития рельефа // Северо-Запад РСФСР. М., 1949. С. 8–57.
8. Татарников О. М. Рельеф и палеогеография Псковской области. Псков, 2007. 127 с.
9. Татарников О. М. Водно-эрозионные формы рельефа Девонской куэсты // Материалы общ.-науч. конф. «Экологические и социальные проблемы Северо-Запада России и стран Балтийского региона». Псков, 2008. С. 167–171.
10. Татарников О. М., Лесненко В. К., Михайлов И. И. О сохранности фрагмента Девонской куэсты на территории Псковской низины // Геоморфология. 1995. № 4. С. 80–83.
11. Татарников О. М., Пиманенок С. А. Особенности морфолитогенеза в ледораздельных зонах // Новые и традиционные идеи в геоморфологии (Тр. V Щукинских чтений). М., 2005. С. 175–177.

## ОПИСАНИЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МУТКА»

Е. Ю. Гаврилов

*Лицей № 40*

### Введение

Данная работа посвящена созданию проекта туристско-краеведческого комплекса в пределах бассейна р. Муткаоски (национальный парк (НП) «Паанаярви»). Идея возникла после неоднократного посещения НП в составе экологического клуба «Тунтури» лицея № 40 г. Петрозаводска.

Цель: Описать туристско-рекреационный комплекс с центром на стоянке «Мутка».

Задачи: 1. Описать радиальные маршруты, начинающиеся от данной стоянки, а также проявления антропогенного воздействия в районе исследования.

2. Изучить историю хозяйственной деятельности в районе, проанализировав картографический материал и литературные источники.

3. Провести полевые географические исследования в районе северо-восточной части Паанаярви.

4. Составить картосхему маршрутов и разработать рекламный буклет.

5. Создать компьютерное обеспечение описания маршрутов.

Объект исследования: северо-восточная часть побережья оз. Паанаярви.

Предмет исследования: возможность использования в туристско-краеведческой работе данного региона.

Материалы и методы исследования: картографический, аналитический, полевых ландшафтных исследований, метод компьютерной обработки данных.

Актуальность работы заключается в том, что территория уникальна по природе и насыщена следами антропогенного воздействия периода экономического рассвета региона Восточного Куусамо (карело-финский этап).

Данную территорию можно использовать для просветительской, туристической, краеведческой работы, это может способствовать экологическому воспитанию молодежи. На государственном уровне неоднократно рассматривался вопрос о развитии туристско-рекреационных услуг и индустрии туризма на основе уникального природно-ресурсного потенциала и богатого культурного наследия страны. Национальный парк «Паанаярви» является перспективным регионом для развития туристско-рекреационной деятельности, при поддержке государства на федеральном уровне.

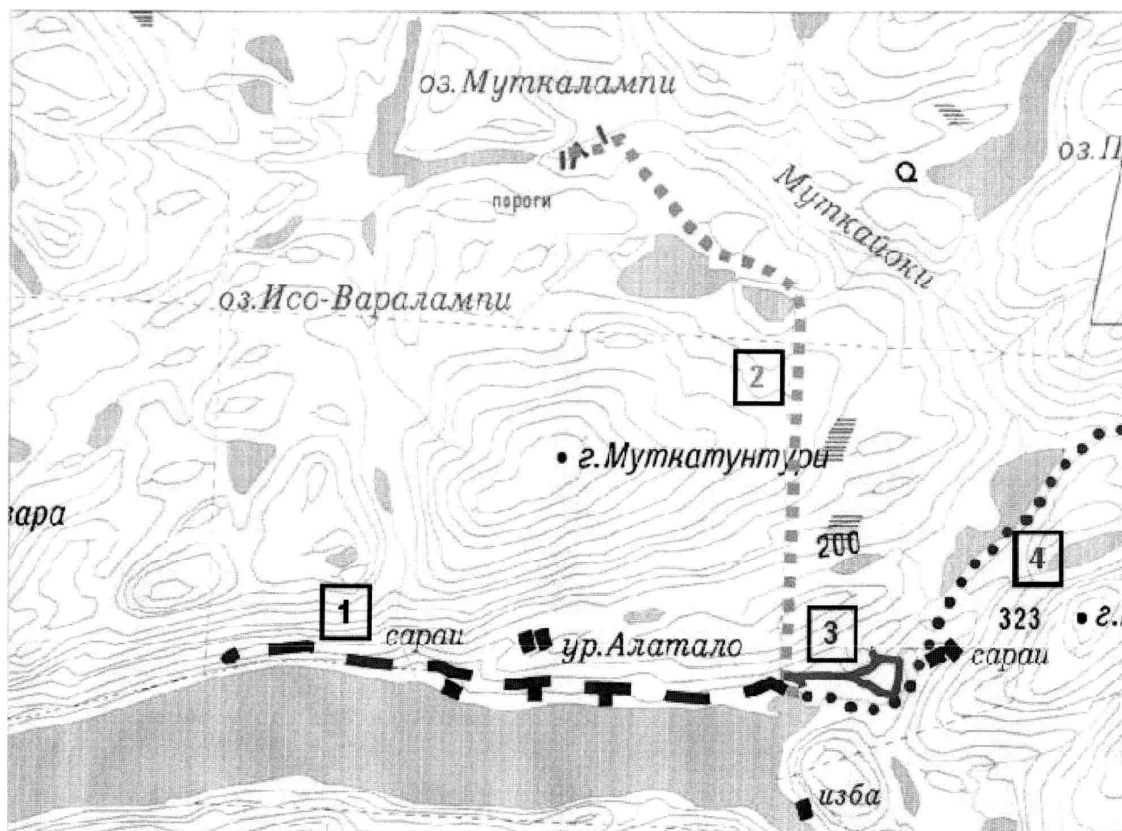
На территории парка выделяется пространство для формирования единого туристско-рекреационного комплекса в районе стоянки «Мутка» с маршрутным туризмом: пешеходным и водным к различным группам объектов. Это маршруты: Хутора, водопад Муткакоски, Астерварвская тропа и маршрут к мельницам. Расположение стоянки на берегу оз. Паанаярви позволяет использовать акваторию озера для водного туризма на бывшие хутора, водопады рек Селькайоки и Мянтюйоки. Материалы могут быть использованы посетителями парка, краеведами и школьниками.

### Результаты и обсуждение

Исследуемый регион находится на северо-востоке оз. Паанаярви на Балтийском щите в зоне тайги. Кристаллические породы Балтийского щита имеют протерозойский возраст, представлены гранитами и гранодиоритами и находятся в пределах Паанаярвской палеосейсмотектонической структуры со следами древних интенсивных землетрясений. Установлены многочисленные сейсмодислокации на берегах оз. Паанаярви. На морфологический облик земной поверхности оказали влияние складчатые и разрывные структуры кристаллического фундамента. Особый интерес представляет котловина оз. Паанаярви. Это узкий разлом, вытянутый с запада на восток, вследствие этого берега озера достаточно круты, но в районе устья р. Муткайоки наблюдается узкая полоса прибрежной равнины, сложенная обломочным материалом и песками. По агроклиматическому районированию бассейн оз. Паанаярви и устья Муткайоки относится к Маансельскому агроклиматическому подрайону, который характеризуется как холодный с продолжительной суровой зимой и коротким безморозным периодом [3]. Среднегодовая температура составляет около нуля градусов, а количество осадков – 500–520 мм. Самый теплый месяц – июль (+15 °С). Самые холодные – январь, февраль (–13 °С). Средняя высота снежного покрова – около 70–80 см, но часто больше метра. Долина озера окружена сравнительно высокими формами рельефа, что создает особый микроклимат, зимой вследствие застоя воздуха в котловинах наблюдаются очень сильные морозы и температурная инверсия [3]. Но с апреля по сентябрь здесь заметно теплее, чем в окрестностях, что повлияло на хозяйственную деятельность. Быт местного населения во многом зависел от природных условий и ресурсов территории [2]. Данная территория покрыта на крутых склонах еловыми лесами, произрастающими на щебнистых, сильно увлажненных оторфованных почвах с хорошо развитым моховым покровом, но встречаются и сосновые леса, вдоль долины Муткайоки на супесчаных слабооподзоленных почвах [3]. Торфяно-болотные почвы встречаются на близлежащих болотах. Болота здесь как верховые, так и низинные. В районе протекает река Муткайоки, которая относится к озерно-речной системе Оуланкайоки – Паанаярви – Оланга – Пяозеро. Со склонов стекает множество ручейков. Наблюдаются довольно частые выходы грунтовых вод на поверхность, что создает переувлажнение почв. В исследуемом районе порядка десяти небольших озер. Самым большим является озеро Муткалампи. Данная система относится к бассейну Белого моря.

Маршрут на «Хутора» в северо-восточной части оз. Паанаярви начинается со стоянки «Мутка», этот маршрут интересен с точки зрения исследования быта и хозяйственной деятельности жителей (рис.). Тропа идет вдоль берега озера и вскоре выходит на первый хутор – Арола. На этом хуторе отчетливо прослеживается мелиорация, проводившаяся жителями с учетом рельефа, заключавшаяся в прокладывании водоотводных канав. Поместье Арола воплотило в себе основные достижения финской культуры, расцвет которой пришелся на 30-е годы прошлого века. Автономное имение было приспособлено для производства почти всего необходимого для жизни. На хуторе было 15 дворовых строений. Они образовали хорошо отлаженную производственную точку. Хозяевам имения принадлежало 100 га лесных угодий, в коровнике стояло 6 дойных коров. Хутор существовал весьма благополучно. На теплом склоне к оз. Паанаярви было расчищено 2 га поля под пашню. Так же широко было распространено здесь дренирование почв, т. е. жители покрывали землю сухой травой, ветвями деревьев, а сверху укладывался слой почвы в 30–40 см. Сельское хозяйство в этом районе было очень трудоемким занятием, тем не менее жители выращивали на своих огородах зерно и овощи. Из зерновых культур в основном выращивались рожь и ячмень, а из овощей – картофель, горох и репа, а самыми популярными овощами считались лук и морковь. Местные жители строго придерживались сроков посевов, посадки и уборки урожая, определяя их по фазам Луны и Солнца. В 1930-е годы сельское хозяйство находилось на невероятном подъеме, разводился породистый домашний скот, а урожаи зерновых были рекордными [1]. Далее тропа идет вдоль берега оз. Паанаярви, которое имело огромное значение для местного населения, являясь источником чистой пресной воды, транспортным путем, а также источником вылова рыбы. Маршрут проходит через

несколько хуторов (Раявартиосто, Райимайнен, Мянтюниemi и Онкамо), количество домов на каждом из них можно определять лишь по наличию фундаментов зданий или березовым рощам, которые очень хорошо видны во время прогулки по оз. Паанаярви на ладье. Местные жители очень тщательно выбирали места для постройки домов, строили дома на сухих местах, а сырые места отделяли под огороды. Если внимательно присматриваться, то и дело встречаются следы человеческого влияния, то колодцы, то остатки фундаментов, то печи, выложенные из талькохлоритового сланца, который добывали в западной части Паанаярви. На каждом из хуторов имелись сходные системы водоотведения: со склона перпендикулярно берегу озера проводились канавки в одну параллельную берегу канаву, из которой, в свою очередь, выходили другие канавки, ведущие прямо в озеро.



Через 300 м от стоянки «Мутка» на запад начинается маршрут к водопаду Муткаоски с просеки, идущей на север (см. рис.). Далее идет крутой подъем от берега оз. Паанаярви, урез воды которого составляет 136,6 м. Маршрут проходит через ельник, в подлеске которого кустарничковая растительность, до возвышенности, абсолютная высота которой составляет порядка 200 м. Подъем протяженностью около 900 м. После подъема мы спускаемся в заболоченную низину, поросшую высокими травами, с торфяными почвами. Пересекаем ручей, протекающий в этой низине, примерно через 1 км от начала просеки. Далее идет подъем примерно на протяжении полутора километров, после него мы выходим на относительно ровную поверхность – это восточный склон горы Муткатунтури. Геокомплексы на маршруте по типу бореальные, а по подтипу северотаежные [3]. В основном это ельники на щебнистых почвах, слабооторфованных. Здесь можно встретить лесную герань (*Geranium sylvaticum*), цицербиту альпийскую (*Cicerbita alpina*). Если пройти около 2,5 км от начала маршрута, то с просеки откроется вид на небольшое лесное озеро. Его котловина на высоте над уровнем моря 263,3 м, берега озера заболочены. Далее через 500 м по тропе, ведущей вдоль озера, вновь начинается подъем, абсолютная высота порядка 290 м. Выйдя на подъем, берем азимут 300 градусов и следуем по нему, маркируя маршрут после окончания просеки белыми лентами. Далее преодолеваем слегка холмистый рельеф, проходим еще около километра, на болотах, на буро-мошных торфах, произрастают такие растения, как кукушкин лен (*Polytrichum commune*), сфагнум (*Sphagnum*), пересекаем влажные ельники с оторфованными почвами и выходим к заливным лугам. Пересекаем ручей, впадающий в р. Муткайоки. На заливных лугах по краям и по середине ручья

водоотводные каналы. На болоте произрастает пушица (*Eriophorum*), карликовая береза (*Betula nana*), багульник (*Ledum*). После болота рельеф меняется на денудационно-тектонический с выходами кристаллических горных пород докембрийского возраста [3]. Проходим еще около километра, в первый раз видим реку и ее удивительной красоты пороги. Берега реки поросли сосняками зеленомошниками на слабоподзоленных почвах. Пройдя вдоль берега реки вверх по течению еще около 500 м, достигаем нашей первоочередной цели – водопада Муткаоски. Водопад относится к типу истинных водопадов, водный поток, набрав мощь в узком каньоне, падает с высоты 7 м. Водопад в конце лета разделен на несколько потоков, а весной и в начале лета образует единый поток шириной 4–5 м.

Маршрут «Мельницы» начинается со стоянки «Мутка», находящейся на береговой озерной террасе. Тропа уходит на север (см. рис.). Лес на территории в основном сосновый на слабоподзоленных песчаных почвах. Через 100 м природный комплекс начинает меняться на еловый с нижним ярусом, представленным брусничником и черничником. Местность довольно заболоченная, и местному населению просто необходимо было проводить мелиорационные работы [2]. Здесь видны 6 водоотводных канав, перпендикулярных берегу реки, ведущих в одну большую канаву, откуда собственно вода и сливалась в реку. Слева от тропы – заросшие поля, на них есть остатки строений и печь. Вскоре лес переходит в сосняк зеленомошник на супесчаных слабоподзоленных почвах и с пятнами ягеля. В подлеске береза. Через 900 м справа в 10 м от тропы видна р. Муткайоки. Примерно через километр от пляжа на северо-западе от тропы находится сейсмодислокация. Длина ее около 250 м, высота 50 м. Угол падения тектонического нарушения 75 градусов в юго-западном направлении. При визуальном изучении видно, что нижние валуны окатаны, а вышележащие имеют острые углы. Предполагаем, что нижние валуны могли быть подвержены воздействию древнего водоема, и здесь мог быть его берег. А вышележащие не были подвержены влиянию вод древнего моря, поэтому они остроугольные. Сейсмодислокация поросла лишайниками разных видов. В этом районе произрастает в основном сосна, а в подлеске – береза. Почвы можно охарактеризовать как слаборазвитые, так как они формируются на кристаллических породах. У подножия сейсмодислокации растет сфагнум и багульник, что говорит о повышенной влажности. Пройдя еще около 150 м, мы видим заросшую дорогу. На крутом склоне она была укреплена валунами средней величины. Далее дорога имеет небольшой подъем, и через 200 м через заросли лиственных деревьев выходим на берег реки, на которой когда-то стояла мельница. Здесь наблюдаем следы деятельности человека: обручи от бочек, жернова, металлические детали. В воде видны остатки деревянного фундамента мельницы. Дорога продолжается на север. Возможно, она связывала хутора Паанаярви и давала возможность жителям выйти к Белому морю по системе рек и озер [1]. В сезон 2010 г. была обнаружена вторая мельница ниже по течению в 200 м от первой, но дорога к ней заросла. На обратном пути, не доходя до озера метров 500, слабо прослеживается просека. Видимо, здесь была дорога вдоль крутых склонов, проходящая по северному берегу Паанаярви через хутора.

Маршрут Астерварвской экологической тропы начинается от мостика неподалеку от устья р. Мутка (см. рис.). Тропа уходит на восток по крутым склонам моренных отложений, перекрывающих кристаллические горные породы Балтийского щита, размытых водными потоками [3]. Часто встречаются валуны. Приходится преодолевать верховое болото по настилу, в весенний период при поднятии воды настил может быть снесен, это стоит учитывать в начале туристического сезона. Появляется возможность спуститься к р. Муткайоки и увидеть руины старой водяной мельницы. Дальше тропа идет по сосновому лесу с ягельным подстилом и супесчаными слабоподзоленными почвами [3]. Пройдя около 1,5 км, можно увидеть полянку орхидеи – венерин башмачок (*Cypripedium calceolus*). Примерно через километр, через еловый лес с большим моховым покровом, тропа выходит к оз. Астерварви. Это типичное лесное озеро. Неподалеку от него есть стоянка, на которой можно отдохнуть и полюбоваться прекрасным видом на Астерварви. В 100 м от северо-западной оконечности озера тропа пересекает широкую просеку. По ней в 1920–1940-х гг. проходила государственная граница с Финляндией. По просеке на северо-восточном берегу в зимнее время проходила дорога, связывающая Мянтюниеми с Белым морем, а также с хуторами северной части оз. Паанаярви. Она имела огромное значение для торговли и связи Оулу с побережьем Белого моря [1]. Вдоль ручейка, расположенного в 3 км от устья р. Муткайоки, проходим порядка 500 м к болоту, из которого он вытекает. Здесь появляется возможность увидеть каменистую дамбу. Впереди – бывший заливной луг. В былые времена ручей весной перегораживался валунами, уровень воды на болоте поднимался, со склонов смывался гумус, затем дамба открывалась, вода спускалась, уровень воды падал, болото под-

сыхало, и гумус позволял вырастить более мощным травам, это давало больший выход сена с болота. Здесь проложены деревянные мостки и поставлена скамейка для отдыха. Через метров 500 видна сейсмодислокация, она самая крупная на территории парка. Здесь примерно 4500 лет назад произошло мощное землетрясение, образовался обрыв высотой 60 м, огромные глыбы с острыми углами, поросшие лишайниками, производят грандиозное впечатление.

### **Заключение**

В работе предложен проект создания туристско-рекреационного комплекса с центром на стоянке «Мутка» и разработано несколько радиальных маршрутов. Маршрут на хутора и маршрут на мельницы пригодны для посетителей разного возраста, не требуют особой физической подготовки. Маршрут на водопад Муткайоки очень интересный как с познавательной, так и со спортивной точки зрения. Он требует хорошей физической подготовки.

Астерваярвская экологическая тропа может быть использована для туристов со средней физической подготовкой.

На маршрутах можно ознакомиться с природопользованием местных жителей карело-финского этапа освоения территории, с последствиями антропогенного присутствия, с разнообразными объектами, природными комплексами, историей региона, получить много положительных эмоций.

Хотелось отметить, что это далеко не весь перечень маршрутов, которые можно организовать со стоянки «Мутка». Также в данном туристско-краеведческом комплексе может быть создан плацдарм для водного туризма к водопадам рек Селькяйоки и Мянтюйоки, прогулок по акватории оз. Паанаярви.

Рационально стоянку «Мутка» оборудовать мостками для хозяйственных нужд, построить баню и сделать более удобный очаг, приспособив его для приготовления пищи на большую группу. Обозначить начало всех маршрутов. На маршруте «Мельницы» поставить пояснительные аншлаги. Маршрут «Муткаоски» промаркировать от лесных озер под более точным азимутом. В конце маршрута у водопада оборудовать очаг, если это возможно, учитывая интересы ООПТ.

Актуальность работы заключается в том, что описаны интересные маршруты для посетителей парка. Создано компьютерное обеспечение описания нескольких маршрутов. Посетители уже в визит-центре могут ознакомиться с описанием маршрутов. Материалы данной работы могут быть использованы краеведами и школьниками.

### **Литература**

1. Анита Коийонен. Переселенцы Куусамо. От традиционности до современности. 1983 г.
2. Антонова Р. Ф., Потахин С. Б. Сельскохозяйственное освоение и система расселения в пределах современной территории национального парка «Паанаярви» // Природа национального парка «Паанаярви»: Тр. Карельского НЦ РАН. Серия Б. «Биология». Вып. 3. Петрозаводск, 2003. С. 164–171.
3. Паанаярвский национальный парк / Ред. Лео Коутаниеми. Куусамо, 1993.

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛЫХ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ КАРЕЛИИ**

**П. Г. Гольденберг**

*Петрозаводский государственный университет*

### **Введение**

Карелия обладает уникальным водно-ресурсным потенциалом. Всего в республике около 27 000 рек, а также около 60 000 озер. Такое обилие водных ресурсов – не только великое благо, но и большая ответственность по их сохранению.

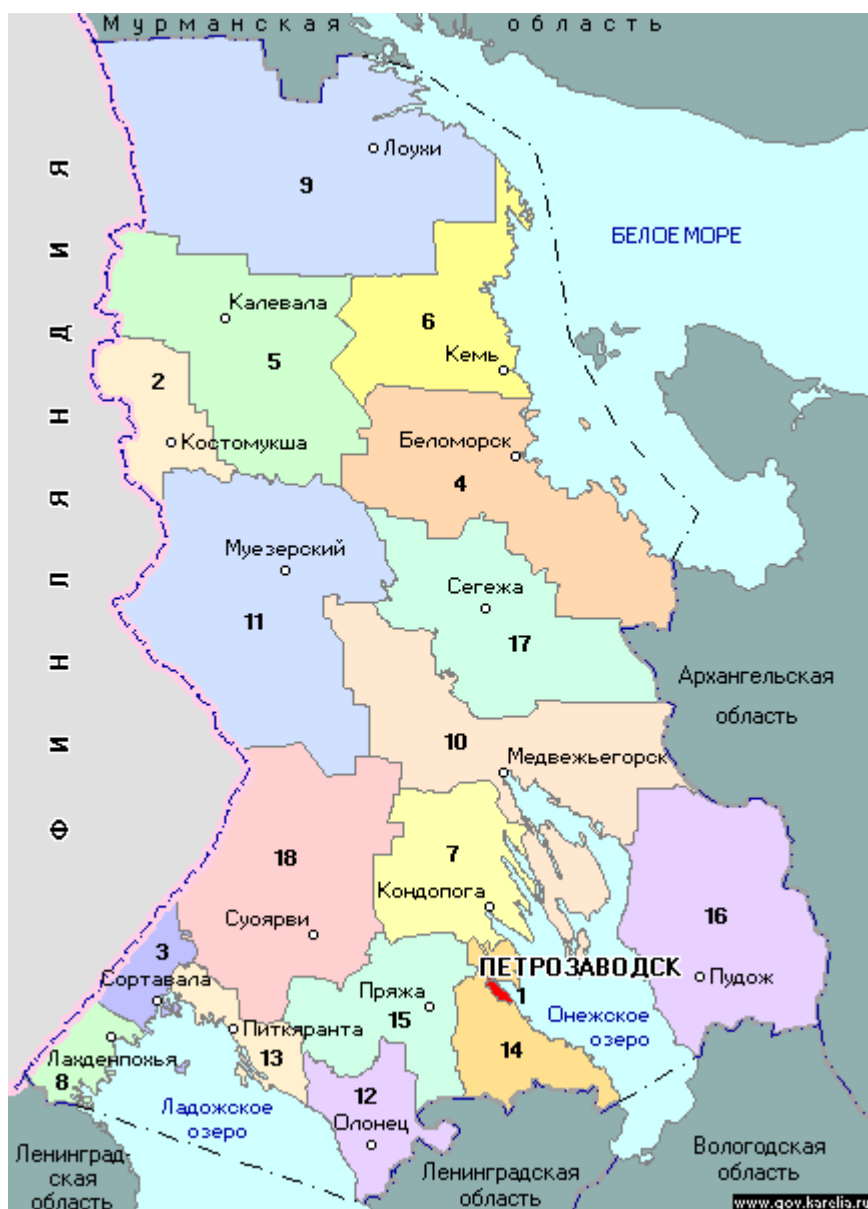
Государственный контроль в области использования и охраны водных объектов является наиболее эффективным видом контроля.

С 01.01.2007 г. вступил в действие новый Водный кодекс РФ от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ, в соответствии с которым осуществляется контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов.

Функции федерального государственного экологического контроля (в составе контроля за использованием и охраной водных объектов) осуществляет единственный федеральный государственный орган – Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Ее задачей является осуществление государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов, в том числе с учетом положений Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.

Кроме того, государственный контроль призван обеспечить соблюдение особого правового режима при эксплуатации земельных участков и объектов недвижимости, которые расположены в водоохранных или санитарных зонах, вблизи источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

Федеральная служба осуществляет контроль за использованием и охраной водных объектов, в том числе на территории Республики Карелия. В состав Республики Карелия входят 16 муниципальных районов (Беломорский, Калевальский, Кемский, Кондопожский, Лахденпохский, Лоухский, Медвежьегорский, Муезерский, Олонецкий, Питкярантский, Прионежский, Пряжинский, Пудожский, Сегежский, Сортавальский, Суоярвский) и 2 городских округа (Петрозаводский и Костомукшский), на территории которых расположены 109 поселений (22 городских, 87 – сельских), 808 населенных пунктов, в том числе 13 городов (рис. 1).





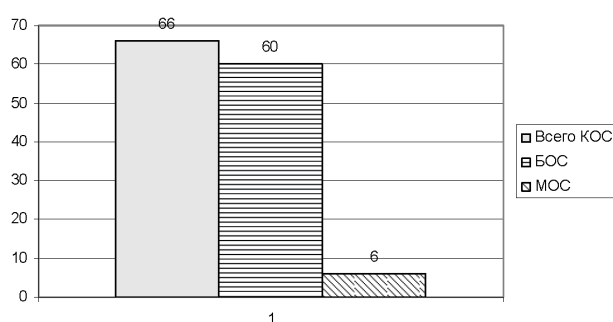
## Материалы и методы

Основными водопользователями Республики Карелия являются предприятия системы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), промышленности и энергетики, сельского хозяйства и транспорта. Количество предприятий, состоящих на государственном учете, составляет 250 ед., из них 40 – предприятия системы ЖКХ.

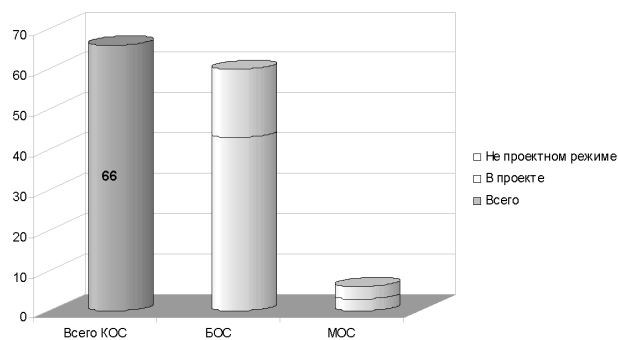
На территории Республики Карелии расположено 66 комплексов коммунальных канализационных очистных сооружений, предназначенных для очистки бытовых сточных вод. Из них 60 объектов биологических очистных сооружений (БОС) и 6 объектов механических очистных сооружений (МОС). Наибольшее количество введенных в эксплуатацию очистных сооружений в городских округах приходится на период с 1966 по 1985 г.

Большинство канализационных очистных сооружений построены с применением технологии искусственной биологической очистки (рис. 2).

Проведен анализ функционирования существующих коммунальных канализационных очистных сооружений, находящихся в населенных пунктах Республики Карелия (рис. 3).



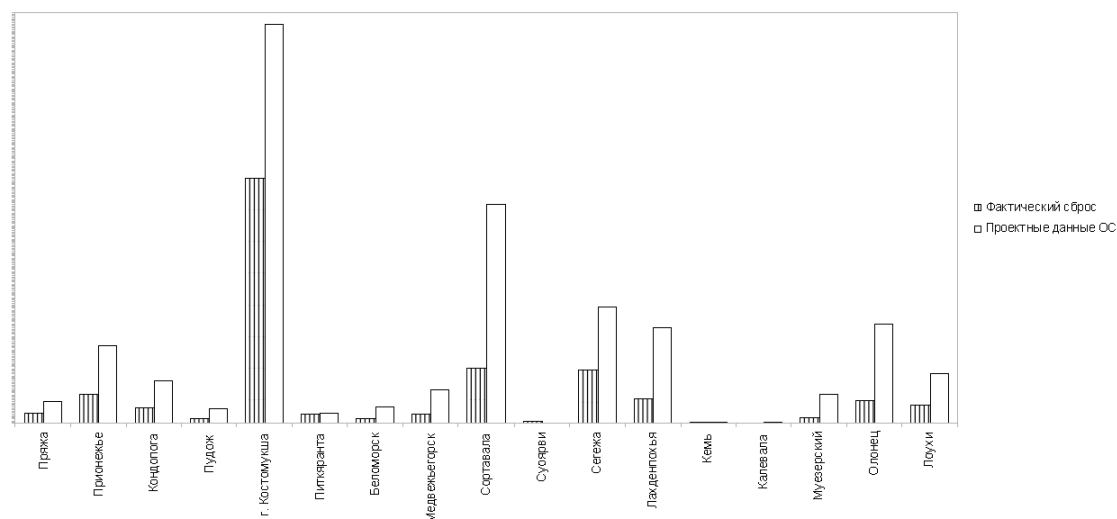
**Рис. 2. Наличие канализационных очистных сооружений системы жилищно-коммунального хозяйства Карелии**



**Рис. 3. Диаграмма показателей эксплуатации очистных сооружений**

На протяжении многих лет в шести районных центрах республики – городах Кемь, Беломорск, Медвежьегорск, Пудож, а также в поселках Лоухи и Калевала – отсутствуют канализационные очистные сооружения (КОС).

Загруженность канализационных очистных сооружений в сельских населенных пунктах чрезвычайно неравномерная (рис. 4).



**Рис. 4. Фактический сброс сточных вод от проектной производительности, тыс. м³/год**

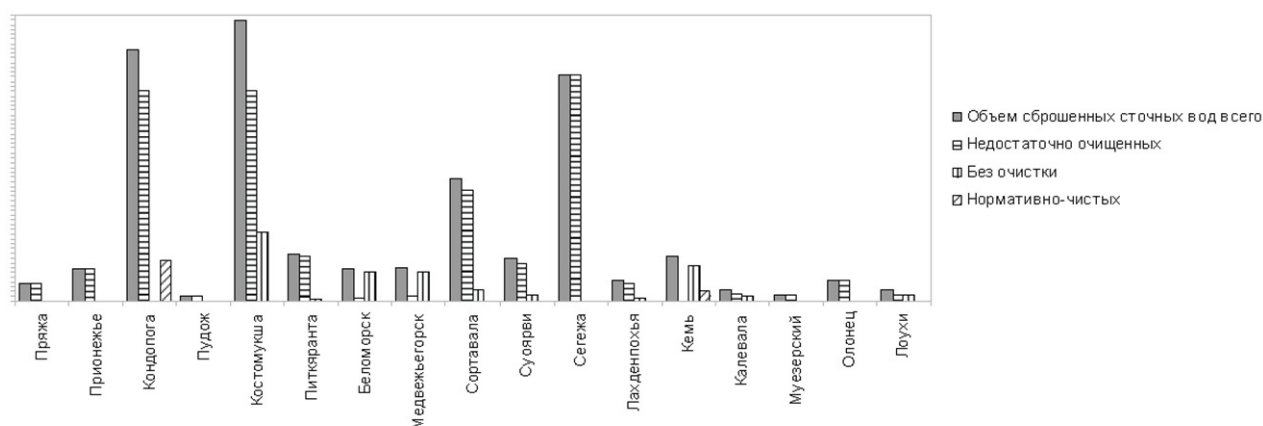
На одном объекте (КОС г. Петрозаводск) из 66 действующих коммунальных канализационных очистных сооружений на территории Республики Карелия поступление сточных вод

составляет 100% от проектной производительности. На остальных объектах загруженность составляет от 47% до 92%, что говорит о наличии значительного резерва по приему бытовых сточных вод.

Подавляющее большинство выявляемых в ходе проверок нарушений водного законодательства Российской Федерации обусловлено изношенностью водохозяйственных систем и эксплуатируемого оборудования, низкой эффективностью работы очистных сооружений жилищно-коммунального хозяйства (объектов). В целом проблема загрязнения водных объектов неочищенными сточными водами с каждым годом становится все острее.

Работа КОС по очистке сточных вод районов и поселков Республики Карелия остается на критически низком уровне. Это связано со слабой материально-технической базой предприятий, нарушениями технологических режимов очистки. Отсутствие у предприятий, имеющих очистные сооружения, своих лабораторий не позволяет на достаточном уровне контролировать работу КОС и качество очистки стоков.

Проведен анализ объемов и качества сбрасываемых сточных вод действующих канализационных очистных сооружений предприятий системы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) Республики Карелия (рис. 5).



**Рис. 5. Сведения об объемах сброса сточных вод действующих канализационных очистных сооружений в разрезе районов Республики Карелия**

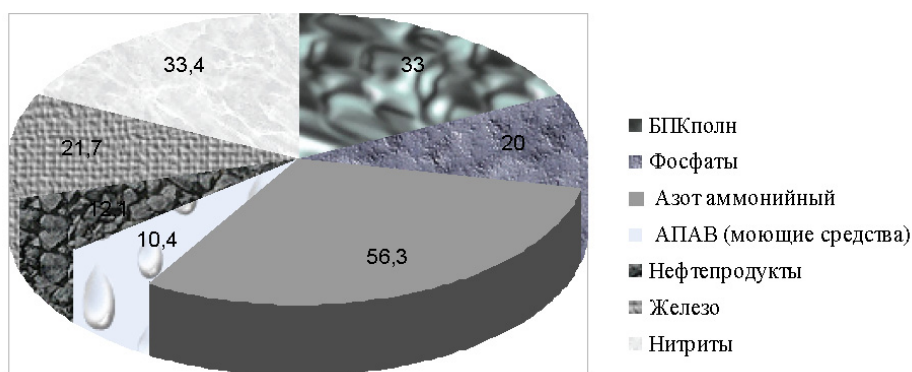
В результате работы предприятий системы ЖКХ происходит сброс недостаточно очищенных сточных вод или сброс сточных вод без очистки. Приведенные данные свидетельствуют о высокой степени физического износа оборудования на 78% очистных сооружений, поэтому обеспечить на них очистку сточных вод до уровня современных нормативов практически невозможно.

Наибольшее количество введенных в эксплуатацию коммунальных очистных сооружений в сельских населенных пунктах приходится на период с 1975 по 1990 г. Вследствие недостаточного финансирования развития коммунальной инфраструктуры поселений в течение последних 15 лет канализационные очистные сооружения в сельских поселениях Республики Карелия фактически не вводились в эксплуатацию.

Для разработки мероприятий по увеличению количества очищаемых сточных вод был выполнен анализ качества сбрасываемых сточных вод Республики Карелия коммунальными канализационными очистными сооружениями.

Основные химические загрязнители, характеризующие сбрасываемые сточные воды после КОС, представлены по данным государственного мониторинга качества сбрасываемых сточных вод (рис. 6).

Из приведенных данных видно, что допускается длительное загрязнение водных объектов в результате сброса сточных вод с превышением ПДК загрязняющих веществ по следующим показателям: БПК<sub>полн</sub>, фосфаты, азот аммонийный, АПАВ (моющие средства), нефтепродукты, железо, нитриты.



**Рис. 6. Диаграмма качества сбрасываемых сточных вод по основным загрязняющим веществам, % в зависимости от превышения ПДК для рыбохозяйственных водоемов**

### Результаты и обсуждение

В городских округах Республики Карелия основным направлением по развитию коммунальных систем канализации являются реконструкция и техническое перевооружение очистных сооружений с целью увеличения производительности и повышения качества очистки сточных вод.

В сельских населенных пунктах основным направлением по развитию коммунальных систем канализации являются не только поддержание в исправном состоянии и реконструкция всех существующих очистных сооружений, но и увеличение темпов строительства новых коммунальных очистных сооружений.

Из 66 существующих комплексов очистных сооружений на 17 объектах с удовлетворительным техническим состоянием оборудования применяется технологическая схема биологической очистки, на остальных 49 объектах следует рекомендовать проведение реконструкции. *Очередность проведения реконструкции* на этих объектах рекомендуется установить на основе данных о техническом состоянии оборудования и уровня загрязненности сточных вод на выпуске очистных сооружений в водный объект.

*В первую очередь* необходимо произвести реконструкцию на 14 комплексах сооружений, оборудование которых находится в неудовлетворительном техническом состоянии.

*Во вторую очередь* необходимо произвести реконструкцию, направленную на совершенствование технологии очистки сточных вод, на 22 комплексах сооружений, эксплуатирующихся не в проектном режиме.

*В третью очередь* необходимо произвести реконструкцию, направленную на совершенствование технологии очистки сточных вод, на 6 комплексах сооружений с технологической схемой механической очистки сточных вод.

*В четвертую очередь* необходимо произвести новое строительство канализационных очистных сооружений на выпусках, посредством которых осуществляется сброс хозяйственно-бытовых сточных вод без очистки. Реконструкции на этих объектах подлежат биологические пруды.

При рассмотрении вопроса о резерве пропускной способности канализационных очистных сооружений сельских населенных пунктов учитывались только те объекты, на которых оборудование находится в удовлетворительном техническом состоянии. В результате установлено, что резервом пропускной способности обладают 12 комплексов сооружений.

Результаты обобщения информации о канализационных очистных сооружениях позволяют сформировать программу мероприятий по развитию систем канализации для области в целом и для отдельных муниципальных районов.

### Заключение

1. В Республике Карелия осуществляется очистка сточных вод от населенных пунктов, в которых проживает 62,2% населения республики.

2. В Республике Карелия выведены из строя канализационные очистные сооружения в 13 районах, а в 6 районных центрах республики – городах Кемь, Беломорск, Медвежьегорск, Пудож, а также в поселках Лоухи и Калевала – отсутствуют канализационные очистные сооружения.

3. Из 66 существующих комплексов коммунальных канализационных очистных сооружений, предназначенных для очистки бытовых сточных вод, в районах республики 19 станций находятся в разрушенном состоянии, на них не производится очистка сточных вод.

4. На 49 существующих коммунальных канализационных очистных сооружениях в районах республики необходимо провести реконструкцию и техническое перевооружение по причине неудовлетворительного технического состояния оборудования и необходимости повышения качества очистки сточных вод.

5. Вследствие недостаточного финансирования развития коммунальной инфраструктуры в течение последних 15 лет канализационных очистных сооружений, введенных в эксплуатацию в сельских поселениях Республики Карелия, фактически нет.

6. Особое внимание в ближайшей перспективе следует уделять строительству коммунальных систем канализации в малых населенных пунктах с числом жителей до 5 тыс. человек.

В настоящее время Правительство Республики Карелия разработало Инвестиционный проект «Строительство комплексной системы водоочистки малых городов (населенных пунктов) Республики Карелия» (в качестве технического партнера привлечена фирма ONNINEN). Он предусматривает строительство системы водоочистки малых городов Республики Карелия в количестве 18 объектов (такие, как Сортавала – три выпуска, Новое Юшкозеро, Рускеала, Беломорск, Сосновец, Калевала, Боровой, Кемь, Рабочеостровск, Куркиеки, Медвежьегорск, Лоухи, Ледозеро, Раямяля, Пудож, Красноборский, Чупа, Найстенъярви), с объемом очищаемых стоков – 31 800 м<sup>3</sup>/сут. Предварительная стоимость проекта порядка 3,8 млрд руб. Планируется заключить Инвестиционное Соглашение с Внешэкономбанком, а также выработать совместную стратегию деятельности муниципальных и региональных органов власти для привлечения местной доли финансирования в реализации проектов реконструкции КОС.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ «ВОДОСБОР – ОЗЕРО»**

**Н. Д. Грищенко**

*Белорусский государственный университет*

В настоящее время уделяется значительное внимание проблемам загрязнения и истощения природных ресурсов, изменения естественных параметров гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов и многим другим вопросам развития и состояния озер, требующим квалифицированного решения в теории и практике управления озерными экосистемами.

Представление о гидрохимических, гидрологических и биологических особенностях белорусских озер, их природно-ресурсном потенциале, тенденциях развития и экологических проблемах получено в результате исследований, проведенных сотрудниками НИЛ озераведения БГУ, институтов НАН Беларуси и других научно-исследовательских организаций. Активные исследования озер, накопление большого объема фактического материала позволили уже к середине XX в. сформировать лимнологическую школу под руководством О. Ф. Якушко.

Одним из развивающихся современных направлений в лимнологии является разработка путей предотвращения негативного влияния на качество вод, методов рекультивации нарушенных экосистем [2, 4, 13 и др.]. Однако поскольку лимнические особенности озер в значительной степени определяются особенностями процессов, происходящих на окружающей их местности, то наряду с изучением процессов внутри озерной котловины большое внимание следует уделять структуре водосборов и ее изменению под антропогенным воздействием. Обеспечение соответствующего качества воды в водоемах требует проведения комплекса мероприятий не только в акватории, но и в районах формирования вод на водосборе, в пределах бассейна каждого водоема. Это связано с тем, что любые изменения в природопользовании на водосборе неизбежно отражаются на состоянии водоемов [3].

Бассейн является естественной природной системой, функционирование которой зависит не только от природных, но и от антропогенных факторов и в свою очередь оказывает влияние на медико-демографическую обстановку и экономическое развитие региона. Многогранность системы «водосбор – озеро» как природно-социального комплекса вызывает необходимость участия в исследовании его проблем представителей многих наук и применения системного подхода исследования, предусматривающего комплексное рассмотрение триады природа – население – хозяйство в качестве интегральных географических систем разного иерархического уровня.

Данный подход используется во множестве методик оценки качества среды жизнедеятельности человека и состояния природно-антропогенных систем [1, 5, 8, 9 и др.], но все они основываются на общенаучных и частных приемах геоэкологических, физико-географических и социально-экономических исследований. При их анализе в литературе отмечается разнообразие подходов, терминов и трактовок, методов расчета показателей, которые применяются при проведении экологических исследований. При этом каждый из подходов требует адаптации к конкретным территориям и условиям.

Основные методические положения сбалансированного развития природно-антропогенных систем сформулированы Б. И. Кочуровым. Концепция эколого-хозяйственного баланса территории, предложенная им, предполагает создание принципиально новых пространственных форм рационального природопользования – эколого-хозяйственных структур устойчивого развития, где техногенные образования встраиваются в природные системы и образуют устойчивую и сбалансированную структуру – геоэкосоциосистему [6, 7].

В результате объединения трех основных точек зрения на геоэкологические проблемы современности – экономической, социальной и экологической – появилась и единая концепция устойчивого развития. Под «устойчивым развитием» в ней понимается такое развитие, при котором удовлетворение нужд нынешнего поколения происходит без ущемления возможностей будущих поколений и предполагает удовлетворение их нужд в не меньшей мере [12].

Поскольку концепция устойчивого развития основана на достижении динамического баланса между экономическими, социальными и экологическими факторами, необходимо иметь соответствующие индикаторы, интегрирующие эти факторы. Разработки систем индикаторов устойчивого развития, отражающих все три сферы устойчивого развития («человек – экономика – окружающая среда»), представлены в большей степени исследованиями зарубежных и российских ученых (например, разработки систем индикаторов устойчивого развития для Томской, Ростовской, Воронежской областей). Разработаны ключевые индикаторы для Балтийского региона, Республики Казахстан.

Для Республики Беларусь система индикаторов устойчивого развития разработана на национальном уровне [10] и включает индикаторы устойчивого развития, рекомендуемые Повесткой дня на XXI век, принятой Конференцией ООН по окружающей среде и развитию; комплексные показатели устойчивого развития, разработанные Евростатом, а также отдельные индикаторы, предусмотренные стратегией устойчивого развития Российской Федерации. Для регионов Республики Беларусь оценка устойчивого развития регионального и локального уровней в основном представлена анализом состояния и динамики социально-экономических показателей развития и представления экологических проблем [11].

Выбор оптимальных ячеек для планирования устойчивого развития зависит от многих факторов. Среди таких традиционных операционных единиц, как ландшафт, геосистема, природно-территориальный комплекс, чаще используются административные единицы разного уровня, достоинство которых заключается в возможности использования обширной статистической информации. Нами в качестве основной операционной единицы планирования устойчивого развития предлагается система «водосбор – озеро». Преимущества бассейнового подхода очевидны: водосбор – это естественная система, имеющая природные границы, включающая совокупность зависимых биотических и абиотических факторов, определяющих ее замкнутость и влияющих на процессы развития. Водосборный бассейн может стать основной территориальной единицей в процессе создания государственной системы экологических регламентаций и ограничения режимов природопользования, а в перспективе и целесообразной структурной единицей в процессе совершенствования территориального управления в нашей стране.

Системный подход, опирающийся на основополагающие идеи концепции устойчивого развития, в исследовании озерных экосистем в последнее время применяется все чаще, однако, как правило, зарубежными учеными [14–16].

Достижения в области исследований системы «водосбор – озеро» и развитие компьютерных технологий позволили разработать ряд бассейновых моделей, определить тенденции изменения состояния озер. Проведено значительное количество международных конференций, выполнено много международных и национальных научных программ, направленных на всестороннее изучение озерных экосистем. Однако, несмотря на значительный объем исследований, выполненных с помощью традиционных подходов к оценке и прогнозу развития озер, они не могут удовлетворить современные запросы практики. Проблема геоэкологической оценки озерных экосистем как самостоятельная задача рассмотрена пока еще недостаточно. Достигнутый уровень развития геоэкологических исследований и моделирования природных и природно-антропогенных процессов и явлений позволяет решить эту проблему.

Для этого нами предусматривается использование как традиционных методов и подходов, применяемых при комплексном анализе сложноорганизованных природных и природно-антропогенных систем, так и разрабатываемых в ходе выполнения исследования. Основу его составляет комплекс эмпирических и теоретических географических методов изучения озер и водосборных бассейнов, в том числе современные натурные, приборные и аналитические методы. Используются методы математической статистики, гидрологического, геоботанического, геохимического анализа, балансовых расчетов, моделирования и аналогий, сравнительно-географического.

Исследование, с одной стороны, опирается на накопленный опыт и материалы, что способствует осмыслению фундаментальных аспектов решения поставленной проблемы, а с другой стороны, развивает новые подходы, в результате разрабатывается новая методика эколого-хозяйственной оценки системы «водосбор – озеро». Оценка проводится по следующей схеме.

На первом этапе определяются цель, задачи, объект, операционные единицы и масштаб исследования. При изучении эколого-хозяйственного баланса объектом исследований является геоэкосоциосистема, в данном случае представленная системой «водосбор – озеро». Однако сбор информации целесообразно осуществлять в рамках административно-хозяйственных единиц (сельских советов, сельскохозяйственных производственных кооперативов, лесничеств и их подразделений). Их можно выделить в особую природно-хозяйственную систему. Необходимость такого выбора обусловлена тем, что управление природными ресурсами осуществляется по категориям земель и видам землепользования, а основная статистическая информация о хозяйственной деятельности, демографических характеристиках и социальных условиях проживания населения сосредоточена в административных единицах. Поэтому для сбора информации такой подход наиболее оптимален. Для достоверности полученных результатов необходимо использовать данные за период не менее пяти лет.

Второй этап включает выбор и обоснование критериев, интегральных показателей и базовых индикаторов оценки. Из множества параметров, характеризующих социально-экономическое развитие и экологическое состояние объекта исследования, в качестве индикаторов устойчивого развития выбираются главные, которые отражают сущность процесса и без которых невозможно представить озеро и его водосбор как целостную систему. Система индикаторов включает индикаторы, отражающие закономерности и процессы устойчивого развития социальной, экономической и экологической сфер, основных звеньев системы «человек – экономика – окружающая среда». Сравнение их значений в динамике за ряд лет с научно обоснованными нормативами или значениями аналогичных показателей экономически развитых государств характеризует степень приближения системы к устойчивой динамике развития и уровню мировых стандартов.

Третий этап заключается в разработке модели эколого-хозяйственной оценки системы «водосбор – озеро» и сборе фактического материала для создания базы данных по выбранным показателям. Базовая динамико-статистическая модель эколого-хозяйственной оценки системы «водосбор – озеро» представляет собой субъект-объектную модель, построенную на принципах координации, субординации и поэтапного «сжатия» информации от оценки частных характеристик к оценке блоков социально-экономического развития и экологического состояния и, далее, к интегральной оценке эколого-хозяйственного баланса системы «водосбор – озеро» (рис. 1).



**Рис. 1. Динамико-статистическая модель комплексной эколого-хозяйственной оценки системы «водосбор – озеро»**

На четвертом этапе производится эколого-хозяйственная оценка: рассчитываются значения интегральных показателей оценки, определяются уровень развития и характер эколого-хозяйственного баланса системы «водосбор – озеро».

Интегральные показатели представляют собой балльные оценки соответствующих базовых индикаторов. Для того чтобы сопоставить между собой разнородные экономические, социальные и экологические показатели, применяется пятибалльная система, в которой базовые индикаторы ранжируются с помощью подобранных критериев. Для индикаторов, характеризующихся динамичностью, используются среднеарифметические значения за пятилетний период для большей достоверности получаемых результатов. Все индикаторы при оценке рассматриваются как равнозначные, поэтому полученные баллы по каждому блоку суммируются, далее – ранжируются по следующей шкале (табл.).

**Шкала уровней социально-экономического развития (качества жизни населения) и состояния окружающей среды**

Качество жизни населения	Баллы	Состояние окружающей среды
Низкое	1,0–2,0	Неблагоприятное
Относительно низкое	2,01–3,0	Относительно неблагоприятное
Относительно высокое	3,01–4,0	Относительно благоприятное
Высокое	≥ 4,01	Благоприятное

Соотношение показателей качества жизни населения и состояния окружающей среды позволяет определить степень сбалансированности и уровень развития системы. Сочетание данных блоков оценки позволяет выделить четыре класса развития системы. Для этого на заключительном этапе строится соответствующая матрица (рис. 2).

На пятом этапе определяются условия и основные направления перехода рассматриваемых озер и территорий их водосборов к устойчивому развитию и разрабатываются предложения по оптимизации среды жизнедеятельности и совершенствованию системы управления ими.

Применение разработанной методики при комплексной эколого-хозяйственной оценке системы «водосбор – озеро» является с нашей точки зрения оправданным, так как позволяет избежать некоторых существенных недостатков балльной оценки и более объективно и достоверно оценить характер эколого-хозяйственного баланса и реальный уровень развития рассматриваемой системы.



Состояние окружающей среды→	Неблагоприятное	Относительно неблагоприятное	Относительно благоприятное	Благоприятное
Качество жизни населения ↓				
Низкое	1	1	2	2
Относительно низкое	1	2	3	3
Относительно высокое	2	3	3	4
Высокое	2	3	4	4

**Рис. 2. Комплексная эколого-хозяйственная оценка системы «водосбор – озеро»:**

1 – критическое развитие; 2 – приемлемое развитие;  
3 – относительно устойчивое развитие; 4 – устойчивое развитие

### Литература

1. Витченко А. Н., Марцинкевич Г. И., Брилевский М. Н. и др. Геоэкологическая оценка природно-антропогенных геосистем Беларуси // Вестник БГУ. Серия 2. 2006. № 3. С. 78–84.
2. Власов Б. П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз. Минск, 2004. 207 с.
3. Драбкова В. Г., Сорокин И. Н. Озеро и его водосбор – единая природная система. Л., 1979. 195 с.
4. Йоргенсен С. Э. Управление озерными системами / Пер. с англ. М., 1985. 160 с.
5. Коваль П. В., Руш Е. А. Геоэкология: анализ методов геоэкологической оценки природно-техногенных систем // Инженерная экология. 2006. № 1. С. 3–33.
6. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск, 1999. 154 с.
7. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: Учебное пособие. М.; Смоленск, 2003. 384 с.
8. Лис Л. С. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов (локальный уровень). Минск, 2004. 109 с.
9. Лобковская Л. Г. Геоэкологическая оценка административного района по данным статистики и социологических исследований // Проблемы региональной экологии. 2005. № 1. С. 38–49.
10. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь; [Редкол.: Я. М. Александрович и др.]. Минск, 2004. 202 с.
11. Национальная экономика Беларуси: Потенциалы. Хозяйственные комплексы. Направления развития. Механизмы управления: Учебное пособие / В. Н. Шимов [и др.]; под общ. ред. В. Н. Шимова. Минск, 2005. 844 с.
12. Программа действий. Повестка дня на 21 век. Публикация Центра «За наше общее будущее» / Сост. М. Китинг. Женева (Швейцария), 1993.
13. Прыткова М. Я. Научные основы и методы восстановления озерных экосистем при разных видах антропогенного воздействия. СПб., 2002. 148 с.

14. Nachtnebel H. P., Holzmann H., Dukhovny V. et al. The rehabilitation of the ecosystem and bioproductivity of the Aral Sea under conditions of water scarcity. Final report. INTAS project 0511 REBASOWS. 2006.
15. Pintér L., L. Bizikova, K. Kutics, Vári A. Developing a system of sustainability indicators for the Lake Balaton region // *Tájökológiai Lapok*. 2008. 6 (3). P. 271–293.
16. Slobodan P. Simonovic. Managing water resources: methods and tools for a systems approach. 2009.

## **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА г. БЕЛГОРОДА**

**А. Н. Кирилов**

*Национальный исследовательский университет «БелГУ»*

### **Введение**

Четвертичный инженерно-геологический комплекс в пределах г. Белгорода представлен насыпным грунтом (в поймах рек Везёлка и Северский Донец) или техногенным грунтом (в районах водоразделов – Белгоры и Харгоры)  $Q_{IV}$ , почвенно-растительным слоем  $Q_{IV}$ , аллювиальными песками, супесями, суглинками и глинами  $Q_{III-IV}$ .

В результате инженерно-геологических изысканий в разрезе четвертичного комплекса выделено 8 инженерно-геологических элементов (ИГЭ), имеющих площадное распространение.

Подстилается комплекс меловыми породами ( $K_2$ ), относящимся к полускальным грунтам.

На рассматриваемой территории выделяется два водоносных горизонта: современный аллювиальный ( $Q_{IV}$ ) и средне-верхне-четвертичный ( $Q_{II-III}$ ), имеющие повсеместное распространение на рассматриваемой территории.

Помимо указанных, в изучаемом разрезе выделяется два горизонта грунтовых вод, имеющих локальное распространение.

Интенсивное строительство и развитие инфраструктуры в г. Белгороде осуществляется в его центральной части, расположенной в поймах и на слиянии рек Северский Донец и Везёлка. В этом районе проходят основные автомагистрали города, соединяющие его с городами Харьков, Воронеж, Москва. Кроме того, в этом же районе существуют участки исторической застройки и участки застройки 1990–2008 гг. Поэтому подведение инженерных сооружений к новым объектам, а также строительство подземных переходов, подземных паркингов и других сооружений является сложной инженерно-геологической задачей, сложность которой кроме инженерно-геологических условий определяется и гидрогеологическими особенностями. Обеспечение безопасности и устойчивости инженерных сооружений в этих условиях становится одной из важнейших задач инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.

### **Материалы и методы**

Один из способов решения поставленных задач – выявление общих особенностей, а в дальнейшем закономерностей влияния инженерно-геологических и гидрогеологических условий на безопасность и устойчивость инженерных объектов. При использовании этого способа привлекаются результаты инженерно-геологических и гидрогеологических исследований, выполненных, во-первых, в предыдущие годы, во-вторых, специально проведенных в рамках работ по анализу и обобщению для уточнения и освещения отдельных неясных вопросов.

В настоящей работе использованы результаты лабораторных определений физико-механических свойств грунтов, отобранных из 36 инженерно-геологических скважин, вскрывающих отложения четвертичного комплекса. При этом по каждому ИГЭ количество образцов соответствует требованиям СНИП, всего 96 образцов.

Привлечены данные статического зондирования на глубину залегания четвертичного комплекса по 50 точкам. Используются результаты химического анализа подземных вод, отобранных из всех горизонтов. Всего 12 проб.

Все лабораторные исследования выполнялись по методикам, установленным нормативными документами.

При анализе и обобщении исходных данных использовались методы математического моделирования и современные информационные технологии.

### Результаты и обсуждение

В результате изучения литологического строения разреза, определения физико-механических свойств грунтов, состава и динамики подземных вод четвертичного комплекса, использования методов математического моделирования при обработке исходных данных и компьютерных технологий при интерпретации, анализе и обобщении результатов обработки построены следующие инженерно-геологические и гидрогеологические модели.

*ИГЭ-1: Почва черноземного облика, суглинистая или супесчаная в зависимости от подстилающей ее породы:*

Плотность  $\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$

*ИГЭ-2, ИГЭ-2а, ИГЭ-2б: Суглинок текучепластичный серо-зеленый, местами черный с примесью органических веществ и прослойками супеси и песка:*

Природная влажность  $W = 0,30$

Влажность на границе текучести  $W_m = 0,33$

Влажность на границе раскатывания  $W_p = 0,19$

Число пластичности  $I_p = 0,14$

Показатель текучести  $I_L = 0,79-0,80$

Плотность  $\rho = 1,88 \text{ г/см}^3$

Плотность сухого грунта  $\rho_d = 1,45 \text{ г/см}^3$

Коэффициент пористости  $e = 0,85-0,90$

Степень влажности  $S_r = 0,95-1,00$

Относительное содержание органического вещества  $I_{от} = 0,03-0,05$

Модуль деформации  $E = 5 \text{ мПа}$

Угол внутреннего трения  $\varphi = 16-20^\circ$

Удельное сцепление  $C = 15-16 \text{ кПа}$

*ИГЭ-3: Глина серо-зеленая, темно-серая, черная, тугопластичная с остатками растительных веществ с прослойками песка:*

Природная влажность  $W = 0,34$

Влажность на границе текучести  $W_m = 0,45$

Влажность на границе раскатывания  $W_p = 0,27$

Число пластичности  $I_p = 0,18$

Показатель текучести  $I_L = 0,95$

Плотность  $\rho = 1,75-1,77 \text{ г/см}^3$

Плотность сухого грунта  $\rho_d = 1,31-1,33 \text{ г/см}^3$

Коэффициент пористости  $e = 1,0$

Степень влажности  $S_r = 0,90$

Относительное содержание органического вещества  $I_{от} = 0,020-0,036$

Модуль деформации  $E = 8-10 \text{ мПа}$

Угол внутреннего трения  $\varphi = 7^\circ$

Удельное сцепление  $C = 30-35 \text{ кПа}$

*ИГЭ-4: Песок мелкий и средней крупности, водонасыщенный, средней плотности сложения, местами плотный:*

Природная влажность  $W = 0,01-0,04$

Степень влажности  $S_r = 1,00$

Модуль деформации  $E = 28-32 \text{ мПа}$

Угол внутреннего трения  $\varphi = 30-34^\circ$

Удельное сцепление  $C = 1-2 \text{ кПа}$

*ИГЭ-5: Мел белого цвета, выветрелый в кровле на глубину 4–7 м до глиноподобного состояния, ниже дресвяно-щебнистый с глинистым заполнителем. В кровле мел примерно до глубины 4 м имеет текучее состояние, а ниже 4 м – текучепластичный.*

Природная влажность  $W = 0,35-0,37$

Влажность на границе текучести  $W_m = 0,33-0,35$

Влажность на границе раскатывания  $W_p = 0,23-0,25$

Число пластичности  $I_p \approx 0,1$

Показатель текучести  $I_L$  (в кровле)  $\geq 1,0$ , ниже  $I_L = 0,75-1$

Плотность  $\rho = 1,75-1,85 \text{ г/см}^3$

Плотность сухого грунта  $\rho_d = 1,30-1,35 \text{ г/см}^3$

Коэффициент пористости  $e = 1,05$

Степень влажности  $S_r = 1,0$

Относительное содержание органического вещества  $I_{от} = 0,020-0,036$

Модуль деформации  $E$  (в кровле)  $= 6-7 \text{ МПа}$

Модуль деформации  $E = 10-12 \text{ МПа}$

Угол внутреннего трения  $\varphi = 16-18^\circ$

Удельное сцепление  $C = 15-18 \text{ кПа}$

Литофациальный анализ площадного и вертикального распределения ИГЭ в разрезе пойм рек Северский Донец и Везёлка показал, что ИГЭ-1 и ИГЭ-1а фациально замещают друг друга. Также фациально замещают друг друга ИГЭ-2, ИГЭ-2а, ИГЭ-2б, представленные суглинками и супесями с разными пластичными и текучими свойствами, а также разной водонасыщенностью.

Гидрогеологические условия рассматриваемой территории свидетельствуют о том, что выделяющиеся в четвертичном комплексе водоносные горизонты находятся в разных гидрогеологических зонах. В пределах Харгоры и Белгоры эти горизонты находятся в зоне аэрации, поэтому водонасыщенными становятся только в период интенсивного выпадения атмосферных осадков (весенний и осенне-зимний периоды). В поймах рек эти горизонты постоянно водонасыщены.

Гидрогеологические условия районов Белгоры и Харгоры характеризуются наличием «верховодки», встречающейся локально под техногенным грунтом и приуроченной к почвенно-растительному слою (ИГЭ-1) и верхней части аллювиальных песков, суглинков и глин (ИГЭ-2, ИГЭ-3, ИГЭ-4). Глины могут играть роль локального флюидоупора. Питание этого горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Воды пресные, преимущественно гидрокарбонат-кальциевые.

Особое место занимают грунтовые воды типа «верховодка». Они встречаются локально под насыпным грунтом, т. е. на глубине 2,5–4,0 м, и имеют мощность 1,5–3,0 м. Водовмещающим грунтом для «верховодки» служит почвенно-растительный слой и верхняя часть аллювиальных суглинков и глин, которые служат также и водоупором.

Питание «верховодки» происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков в грунт и утечек воды из инженерных коммуникаций. Разгрузка «верховодки» происходит в нижележащий водоносный горизонт.

Горизонт грунтовых вод в аллювиальных и меловых отложениях. Уровень грунтовых вод находится на глубине 2,0–7,0 м от дневной поверхности, что соответствует абсолютным отметкам 109,0–112,5 м. То есть отметки уровня грунтовых вод значительно ниже, чем отметки воды в реках Везёлка и Северский Донец. Водовмещающими породами для грунтовых вод служат отложения четвертичной и меловой систем (пески, суглинки и мел).

Воды гидрокарбонат-кальциевые, с минерализацией 0,1–0,9 г/л, общей жесткостью 6,0–7,7 мг/экв.

Уровень грунтовых вод в районе поймы р. Северский Донец находится на уровне дна реки. Уровень грунтовых вод в районе поймы р. Везёлка, в районе расположения корпусов Белгородского университета, находится ниже дна реки.

Причиной аномально низкого положения грунтовых вод в пределах университета является работа IV водозабора г. Белгорода, ближайшие скважины которого расположены в 200 м западнее спортивного комплекса между реками Везёлка и Гостенка, а радиус влияния депрессионной воронки водозабора составляет около 800–900 м. За пределами этого радиуса р. Везёлка выше и ниже по течению получает питание от грунтовых вод, а в пределах территории БелГУ грунтовые воды подпитываются из русла р. Везёлка.

В настоящее время русло р. Везёлка в пределах территории БелГУ периодически очищается земснарядом от донных илистых отложений и, соответственно, углубляется. Русло р. Везёлка можно углублять максимум до 3,0–3,5 м, так как при большем углублении будет полностью пройден слой глинистых отложений и загрязненная вода из реки начнет поступать в песок (или мел), коэффициент фильтрации которых на порядок выше, чем коэффициент фильтрации глинистых грунтов.

### **Заключение**

Анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий четвертичного инженерно-геологического комплекса на территории г. Белгорода показал следующее:

1. При строительстве подземных сооружений в районах Харгоры и Белгоры наибольшее влияние оказывают ИГЭ-2, ИГЭ-2а, ИГЭ-2б, представленные водонасыщенными суглинками, которые относятся к специфическим грунтам с высокими просадочными свойствами. Глубина залегания этих элементов составляет от 2–4 до 10–15 м. Поэтому освоение подземного пространства возможно в пределах ИГЭ-4, обеспечивающего устойчивость сооружений и представленного песками, водонасыщенность которых существенно ниже, чем у суглинков, и является переменной, так как пески находятся в зоне аэрации.

2. При строительстве в поймах рек Северский Донец и Везёлка наибольшее влияние оказывают ИГЭ-1, ИГЭ-2, ИГЭ-3, которые по своим физико-механическим свойствам относятся к структурно-неустойчивым. Кроме того, работающие водозаборы, в частности водозабор № 4 в районе комплекса корпусов БелГУ, понижают уровень грунтовых вод в поймах, а при прекращении их работы уровень грунтовых вод поднимается примерно на 1–2 м выше, чем уровень воды в меженный период в русле реки, что может привести к подтоплению подземных сооружений и инженерных коммуникаций.

На основе анализа полученных данных рекомендуется:

1. При строительстве в районах Белгоры и Харгоры глубина заложения свай для подземных сооружений должна достигать 10–15 м с инженерной защитой от явлений, связанных с ИГЭ-1, ИГЭ-2.

2. При строительстве в поймах рек Северский Донец и Везёлка глубина заложения свай для подземных сооружений должна достигать 18–24 м с инженерной защитой от явлений, связанных с ИГЭ-1, ИГЭ-2, ИГЭ-3, и подтопления, связанного с повышением уровня грунтовых вод при остановке водозаборов.

### **Литература**

1. Кирилов А. Н. Инженерно-геологические условия строительства в пойме реки Везелка // Материалы III Всерос. (с международным участием) науч.-практ. конф. молодых ученых «Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике».

2. Кирилов А. Н., Бакарас М. В., Пастушак С. М. Оценка инженерно-геологических условий проходки щитовым методом при строительстве подземных сооружений в пойме рек Северский Донец и Везёлка в г. Белгороде // Тр. XIV Междунар. симпоз. им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 65-летию Победы советского народа над фашистской Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. «Проблемы геологии и освоения недр». Т. I.

3. Сергеев С. В., Рыбалов М. А. Инженерно-геологические условия функционирования комплекса Белгородского государственного университета // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2010. № 3 (74), вып. 10.

4. СНиП 1.02.07.-87 «Основания зданий и сооружений».

5. СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства».

## ПРОЕКТ: «ЭКОДОМ: УТОПИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?»

А. Н. Максимова

Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения

### Введение

Экодом – это индивидуальный или блокированный дом с участком земли, являющийся радикально ресурсосберегающим и малоотходным, здоровым и благоустроенным, неагрессивным по отношению к природной среде. Это достигается главным образом применением автономных или небольших коллективных инженерных систем жизнеобеспечения и рациональной строительной конструкцией дома. Что важно, этими качествами он обладает не только как отдельно взятый, но и системно – со всеми коммунальными и обслуживающими его производственными системами. Экожилье – ключ к будущему.

Основные принципы экодома:

- Природное окружение. Дом «правильно» вписан в окружающий ландшафт, т. е. учитывает природные явления (восход, закат солнца и т. д.).
- Энергоэффективность. Использование энергосберегающих бытовых приборов и инженерных систем.
- Минимальные энергопотери. Применение новых строительных технологий, улучшенная теплоизоляция. Улучшение системы вентиляции, на которой обычно теряется 1/3 тепла.
- Использование сложных инженерных систем с единой системой управления. Применение современной высокотехнологичной продукции, а также продукции, использующей природные элементы – солнечные батареи, тепловые насосы и т. д.
- Пониженный уровень безопасности воздействия приборов, инженерных сетей на обитателей дома.
- Применение новой концепции отопления, ведущую роль в которой играет система терморегулирования. Использование «бесплатных» источников тепла (солнечное тепло, тепло бытовых приборов и т. д.).
- Экологический стиль элементов интерьера и бытовых приборов. Возможность последующей переработки материалов.

### Архитектура экодома

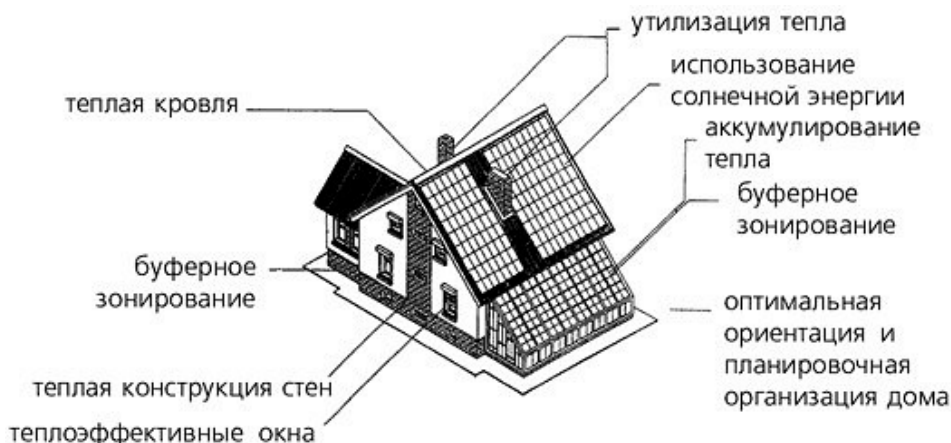


Рис. 1. Архитектура экодома

### СОЛНЕЧНАЯ АРХИТЕКТУРА

Пассивная солнечная технология – давно известный способ проектирования и строительства зданий, тысячелетиями используется людьми, чтобы получить максимум преимуществ от солнечного излучения. Работа солнечного коллектора основана на парниковом эффекте: поглощаемое тепловое излучение солнца значительно превосходит обратное тепловое излучение коллектора.

Существует два типа солнечных коллекторов – плоские и вакуумные.

В вакуумном парниковый эффект усилен тем, что обратное тепловое излучение коллектора не может пройти сквозь вакуум, – так же, как в вакуумной колбе бытового термоса. В результате вакуумный коллектор, в отличие от плоского, нагревает теплоноситель до высокой температуры даже в мороз, что является решающим фактором в пользу его выбора для нашей страны. Но зимой, при коротком световом дне и облачности, количество тепла, вырабатываемого солнечным коллектором, значительно снижается.

## ТЕПЛОУЛАВЛИВАЮЩИЕ СТЕНЫ

С точки зрения экологичности для экодому наиболее привлекательными можно считать плиты, изготовленные из *каменной ваты*. Они обладают следующими преимуществами:

- нетоксичны и неканцерогенны в отличие, например, от такого материала, как асбестовое волокно;
- базальтовое волокно не ломается, не колется и не сыплется, как стекловолокно;
- негигроскопичны (водопоглощение составляет не более 1,5%) при одновременной хорошей паропроницаемости;
- с течением времени плиты из каменной ваты не сжимаются в объеме в отличие от стекловатных или шлаковатных плит;
- материал не подвержен действию грибков и насекомых;
- негорючи и термостойки – плиты из каменной ваты выдерживают температуру до 1000 °С.

## ВЕНТИЛЯЦИЯ (рис. 2)



Рис. 2. Принцип вентиляции экодома

Важнейшее условие сохранения теплового контура здания – наличие приточно-вытяжной вентиляции с рекуператором тепла (теплообменником).

Принцип действия: наружный холодный воздух поступает в противоточный теплообменник, в котором движется по трубам, омываемым снаружи теплым воздухом, идущим из дома в противоположном направлении. В результате на выходе из теплообменника уличный воздух стремится приобрести температуру комнатного, а последний, напротив, перед выходом из теплообменника стремится к уличной температуре. Так решается задача достаточно интенсивного воздухообмена в доме без потерь тепла.



В России, где климат более суровый, чем, например, в странах Европы, к основному рекуператору следует добавить еще и грунтовой. Его целесообразность доказана тем, что в некоторых западных экодомух применение грунтового рекуператора позволило отказаться от кондиционера. Температура грунта на глубине 8 м более постоянная и составляет около 8–12 °С. Поэтому нужно заглублять рекуператор именно на эту глубину, чтобы уличный воздух, проходя в грунте, независимо от времени года стремился принять соответствующую температуру. На улице могут стоять либо июльская жара, либо январский мороз, но в дом всегда будет поступать свежий воздух, температура которого оптимальна – около 17 °С.

### «ПРАВИЛЬНЫЕ» ОКНА

Коэффициент сопротивления теплопередаче окон должен составлять не менее  $1,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$  – это еще одно необходимое условие тепловой герметичности экодому.

Требования к окнам предъявляются следующие:

- конструкция профиля должна обладать низкой теплопроводностью и не иметь «мостиков холода»; предпочтительны трехкамерные или пятикамерные профили толщиной 62–130 мм;
- окна с большой площадью остекления должны выходить на южную сторону;
- для снижения потерь тепла через окна в зимнее время на ночь их лучше закрывать ставнями, рольставнями или плотными шторами.

Для экодому лучше всего подходят деревянные окна с двухкамерными стеклопакетами (три низкоэмиссионных стекла, межстекольные камеры заполнены криптоном). Стеклопакет должен иметь теплоизоляцию с коэффициентом сопротивления теплопередаче  $2 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$ .

### УТЕПЛЕНИЕ ЭКОДОМА

Все внутренние отапливаемые помещения экодому должны быть так теплоизолированы от внешней среды, чтобы теплотери за год были меньше, чем количество тепла, которое можно получить за год от солнца и аккумулировать в доме (рис. 3).

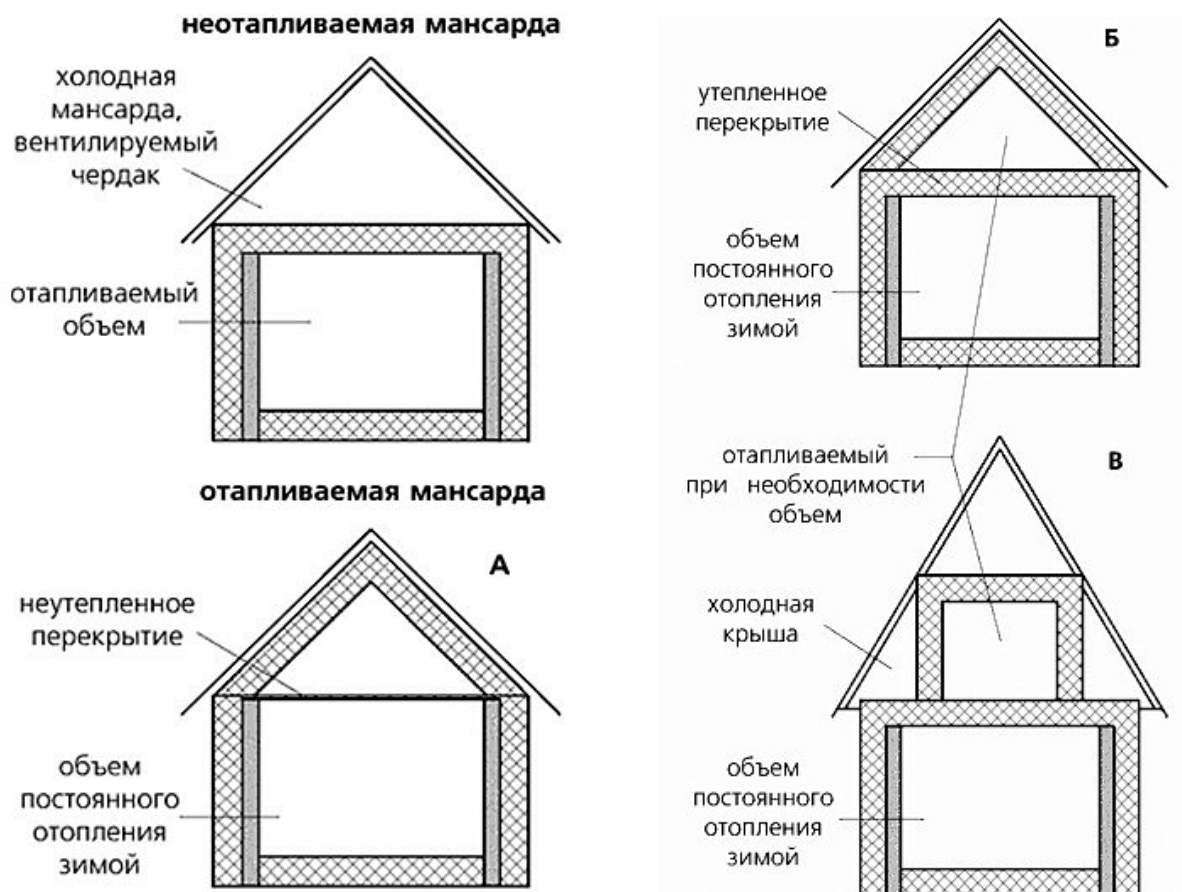


Рис. 3. Утепленные крыша и мансарда экодому

## КРЫША

Крыша, как и фундамент, определяет долговечность дома. Она защищает стены и фундамент от осадков, обеспечивает теплозащиту внутренних помещений. Крыша может служить местом для размещения элементов солнечной энергетики (солнечные коллекторы для нагрева воздуха, воды, солнечные батареи для преобразования солнечной энергии в электрическую). С поверхности крыши можно собрать значительное количество воды для полива и других технических нужд.

В зависимости от желания можно использовать совмещенную кровлю (утепленная крыша, применяется для мансардного этажа) и холодную, которая традиционно применяется при строительстве домов в России для обычного одноэтажного и обычного двухэтажного дома (из соломы, тростника, полубревен, досок).

## ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ ЭКОДОМОВ

Фундамент – основа долговечности экоддома. Выбор конструкции фундамента и его заглубление определяются в зависимости от типа грунта, веса конструкции дома и расположения грунтовых вод. Традиционно используются следующие типы фундаментов: столбчатые, ленточные, фундаменты из мелких блоков. Выбор фундамента лучше делать исходя из местных традиций.

Для увеличения долговечности фундамента и защиты его от подземных вод, дождевой и талой воды, просачивающейся с поверхности земли, вокруг фундамента устраивают дренажную систему.

## ВХОДНОЙ ТАМБУР

В тамбуре должны устанавливаться внутренняя и внешняя утепленные двери. Тамбур можно сделать обогреваемым и неотапливаемым. Для повышения теплоизоляции целесообразно предусмотреть дополнительно задвижную теплоэффективную дверь (рис. 4).

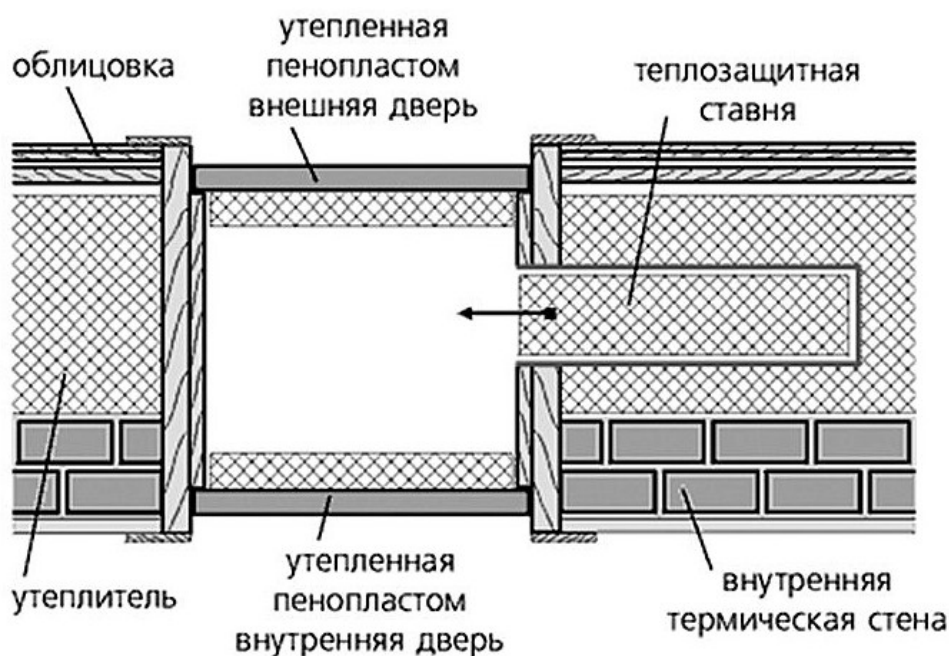


Рис. 4. Утепленный тамбур с дополнительной утепленной задвижной дверью

## ПОДВАЛ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОДПОЛЬЕ

Если подвал (или цокольный этаж) будет использоваться как жилой, то к его стенам предъявляются те же требования, что и к стенам жилого помещения. При этом конструкция должна обеспечить защиту от радона. Для этих целей подвальное помещение должно иметь дополнительную принудительную вентиляцию. В экодоме целесообразно ограничиться обогреваемым техническим подпольем.

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для строительства экодому можно использовать все не запрещенные санитарно-гигиеническими нормами строительные материалы. Необходимо выдержать конечные параметры дома и его устройство, описанное выше.

Тем не менее существуют определенные предпочтения для материалов, которые рекомендуется использовать при строительстве экодому, и способы их производства.

Предпочтительным является максимальное применение строительных материалов из местного сырья, добытого на площадке, и изготовление строительных материалов на этой же строительной площадке. Для того чтобы добиться необходимого качества, а следовательно, необходимых параметров, которые и делают обычный дом экодомом, материалы изготавливаются на специально созданном мини-оборудовании (высокие технологии в производстве строительных материалов при минимальных затратах при изготовлении). Это мини-оборудование может быть использовано без капитального ремонта в течение 10 строительных сезонов при хранении его в зимнее время под навесом.

### Экологические дома в Ленинградской области

27 мая 2005 г. активисты НКО и экожурналисты из С.-Петербурга, Ленобласти и Карелии при содействии организации «Друзья Балтики» встретились с норвежскими экоархитекторами на берегу р. Сясь в деревне Рыжково Волховского района, чтобы обсудить возможности сотрудничества для развития экостроительства у нас в регионе.

В Рыжково норвежские архитекторы совместно с некоммерческим фондом «Школьный Дом» строят дом из соломы и глины. Это лишь одна из известных технологий использования местного дешевого природного материала для создания экодому.

Новый подход норвежских архитекторов – не только использование соломы и глины, но и стремление обеспечить все принципы экологического дома, дружественного природе и человеку.

Утепление в «дышащем доме» обеспечивается с помощью органических материалов. Кроме соломы или дерева норвежские архитекторы используют для этого блоки из переработанного вторичного тряпья, прессованного льна. Стены строят из соломы, соломенно-глиняных блоков или других природных материалов, как правило, на основе деревянного каркаса. Окна в экодоме с южной стороны большие и хорошо утепленные (с двойным остеклением и очень хорошо пригнанными рамами без щелей), чтобы впустить в дом как можно больше солнечного света и тепла. Северные окна гораздо меньше южных, но тоже очень хорошо утепленные. В доме есть входной тамбур – обязательный элемент утепления.

Подобный дом уже построен норвежцами на противоположном берегу р. Сясь в коммуне «Светлана», где живут инвалиды.

Норвежские архитекторы и российские активисты НКО обсуждали возможности распространения этого опыта и развития экостроительства. У НКО большой интерес к этой теме и есть опыт во многих областях. «Друзья Балтики» на встрече в Рыжково поделились опытом внедрения простых методов энергоэффективности в домах и квартирах, информацией о доступных возобновляемых источниках энергии, о международном образовательном проекте SPARE. «Центр Экологических Инициатив» рассказал об экологически дружественных технологиях переработки сточных вод в индивидуальных домах и маленьких селениях, основанных на шведском опыте.

Методы экостроительства интересны многим людям и организациям. Например, общественная организация «Свет Ладоги» планирует строительство школьного экологического экспедиционного центра на острове в Ладожском озере близ Сортавалы с применением экотехнологий. У энтузиастов из Выборгского района Ленобласти есть планы строительства экодерева «Варяжский Двор» с получением энергии от микроГЭС, а в будущем и от солнца и ветра.

Стоимость таких домов гораздо ниже стоимости домов из других материалов (кирпича и даже дерева), а по комфортности и энергосбережению они их значительно превосходят. С учетом влажного климата Северо-Западного региона, защитив и украсив сайдингом фасады дома из соломы, можно в короткое время решить вопрос с доступным жильем в сельской местности.

## Расчет капитальных затрат на постройку экодима в Северо-Западном регионе\*

Таблица 1

Элемент экодима	Назначение	Цена, руб.
Фундамент		200 000
Крыша		30 000
Деревокаркас + утеплитель		420 000
Двухкамерный стеклопакет, 6 штук	Оконная система	14 200·6 = 85 200
Система «Ветер, Солнце, Топливо»	Преобразование солнечного излучения в электрический ток	473 900
Солнечный коллектор «Сокол»	Нагрев воды	15 000
Отопительная печь длительного горения «Ермак Stoker» (Стокер)	Быстрый прогрев и длительное поддержание (6–10 ч) комфортной температуры в помещениях	7400
Биотуалет Thetford Porta Potti 365	Непрерывная переработка всех органических отходов жизнедеятельности семьи (пищевые отходы и отходы из туалета)	4800
Вентиляционная приточно-вытяжная установка с рекуперацией тепла Daikin HRV VAM150 FA	Обеспечение требуемого воздухообмена в помещении (приток, вытяжка); очищение подаваемого с улицы воздуха; автоматического поддержания в помещении заданной пользователем температуры	170 000
		<b>Итого: 1 406 300</b>

Приложение к таблице

Система «Ветер, Солнце, Топливо»

Принцип работы:

1. Выработка электроэнергии (ветрогенератором, солнечным модулем, тепловым генератором);
2. Накопление электроэнергии; выработанная электроэнергия через зарядные устройства заряжает аккумуляторную станцию;
3. Преобразование электроэнергии;
4. Электричество из аккумуляторной станции поступает в инвертор, где постоянный ток преобразуется в переменный (220 В/50 Гц).

Преимущества: происходит взаимная «подстраховка» альтернативных источников электропитания: ветер может дуть как днем, так и ночью, но вероятна штилевая погода; ночью нет солнечного света, но день настает неизбежно.

Таблица 2

Элементы системы	Цена, руб.
Ветрогенератор «Сапсан-1000»	185 000
Ветряные выпрямительно-зарядные устройства Находка ВВЗУ 2500 ВА	20 500
СТ-S3T-1140S (стандартная мачта 12 м)	81 500
Бензогенератор SH 3000	40 000
Монокристаллический фотомодуль 150B (12В либо 24В) 2 шт.	63 000
Контроллер заряда/разряда для солнечных электростанций СЗУ 500	5500
Аккумуляторная батарея HZB12-100 8 шт.	78 400
<b>Итого</b>	<b>47300</b>

Солнечный коллектор «Сокол»

Высококачественный коллектор «Сокол» российского производства, с оптическим, многослойным, селективным покрытием, нанесенным в вакуумной установке. Коллектор работает под воздействием солнечного света с помощью циркулирующего в нем естественным или принудительным образом теплоносителя (вода, антифриз и другие жидкости).

Печь «Ермак Stoker» (Стокер)

Печь «Ермак Stoker» (Стокер) работает по принципу газогенератора. Газы, выделяющиеся при сгорании твердого топлива в топливнике, поступают в камеру дожигания, в которой при помощи подогретого воздуха, поступающего через инжекторные трубки, догорают. Благодаря этому достигается максимально полное сгорание топлива и резко увеличивается КПД.

Биотуалет Thetford Porta Potti 365

Работа биотуалета основана на действии биологически активной жидкости, которая расщепляет отходы, уничтожает микробы и устраняет запахи.

\* Расчет проводился для экодима площадью 100 м².

### Оконная система

Значительное число камер в оконном профиле обеспечивает минимальную теплопроводность и сводит к минимуму «мостики холода».

Приточно-вытяжная установка с рекуперацией тепла Daikin HRV VAM150 FA

Принцип работы:

Внутри установки в полностью изолированных приточном и вытяжном каналах размещены два радиальных вентилятора двустороннего всасывания, два кассетных фильтра, блок реверсивного теплового насоса, электрический/водяной нагреватель и система автоматики.

При работе установки в режиме охлаждения теплообменник в приточном канале является испарителем и охлаждает приточный воздух, а теплообменник-конденсатор охлаждается удаляемым из помещения воздухом.

При работе в режиме нагрева приточный наружный воздух нагревается от теплообменника, который в данном режиме работы выполняет функцию конденсатора, а расположенный в вытяжном канале теплообменник-испаритель поглощает тепловую энергию удаляемого воздуха.

### Выводы

Реализация проекта «Экодом» и последующее широкомасштабное использование заложенных в него технологий должно решить самые актуальные задачи нашего времени: обеспечение жителей России комфортным жильем, построенным и эксплуатируемым на основе ресурсо- и энергосберегающих технологий с использованием местных материалов, и экологизация коммунально-бытового сектора.

Дом с описанными свойствами не случайно называют тепловой крепостью. В нем при мягком климате не нужны ни система отопления, ни кондиционеры, нет сквозняков, не ощущается холод, так как разница температур комнатного воздуха и внутренних поверхностей ограждающих конструкций пренебрежительно мала. Дом обогревает тепло, выделяемое бытовыми приборами, телами обитателей – хозяев и домашних животных, а также солнечная энергия. Поскольку в здании нет сушивающих воздух отопительных приборов, микроклимат можно сравнить с благодатной летней погодой где-нибудь на курортах горной Швейцарии. Это благоприятно воздействует, например, на тех, кто страдает от аллергии.

Многие составляющие концепции пассивного дома вполне реализуемы в России. Так, при реконструкции жилого фонда уже успешно применяют технологии, способствующие повышению энергоэффективности зданий. Это утепление фасадов с использованием современных теплоизоляционных материалов, применение схем принудительной вентиляции и современных оконных систем. Правда, практическое внедрение энергосберегающих технологий на первых порах стоит недешево. Однако, как показывают расчеты, большие капитальные затраты быстро окупаются за счет низких эксплуатационных расходов. То есть вложение в энергосберегающие решения можно считать долгосрочной и весьма надежной инвестицией.

**Необходимо понять: строительство удобного, «здорового» экологического дома сегодня вовсе не утопия, а необходимая реальность.**

### Литература

1. <http://www.ivd.ru/document.xgi?id=7299>
2. <http://www.eclife.ru/education/apress/ecohome/gl1.php>
3. <http://www.ecoteco.ru/index.php?id=628>
4. [http://www.energосber.74.ru/Vestnik/3\\_2003/3\\_03\\_4.htm](http://www.energосber.74.ru/Vestnik/3_2003/3_03_4.htm)
5. <http://www.seu.ru/programs/ecodom/book/04.htm>
6. <http://www.strawhouse.ru/company/smi/chto/>
7. <http://www.newshouse.ru/page-id-1439.html>
8. <http://www.ecology.md/section.php?section=ecoset&id=2382>

# МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ЛИТВЕ

Вида Мотиекайтите, Лорета Степоненайте

*Университет Миколаса Ромериса*

## Введение

Вода – один из возобновляющихся природных источников, подверженный непосредственному влиянию антропогенной деятельности, вообще ситуации всех компонентов окружающей среды. Литва – небольшая страна, омываемая с запада Балтийским морем, в которое впадают все реки Литвы. Всего в Литве насчитывается до 22 250 рек и 2850 озер [2]. Сегодня охрана воды в стране считается приоритетной областью окружающей среды. Более того, Литва – одна из стран, использующая подземные воды для нужд населения. Управление водными ресурсами – обширный термин, охватывающий различные виды деятельности субъектов, связанных с водными ресурсами, которые способствуют осуществлению политики об окружающей среде [3].

Применяемое сегодня бассейновое управление рек способствует наименьшему попаданию биогенного материала из рек Литвы в воды Куршского залива. Часто в загрязнении рек и озер мы склонны винить сельское хозяйство, промышленность, городские очистные сооружения. А разве мы сами не вносим свою лепту в такое загрязнение, пользуясь промышленными продуктами, производство которых загрязняет воду, или нелегально используя системы дождевой или дренажной канализации [1]. Несомненно, чистота вода зависит также и от нас. Видимо, проблемы водного сектора страны решались бы эффективнее и более действенно, если бы росло число городских и районных самоуправлений страны, инвестирующих средства в модернизацию сооружений по очистке жизненно важной воды и иницирующих строительство новых сооружений. Если бы жители поняли, что одно из крупнейших природных богатств – вода, сохраняли бы ее чистой и свежей для будущих поколений. Ведь в большинстве случаев загрязнение воды зависит и от нас: охотно и добросовестно ли мы соблюдаем законодательство, регламентирующее водные ресурсы, и целесообразна ли политика в области водных ресурсов в Литве.

## Материалы и методы

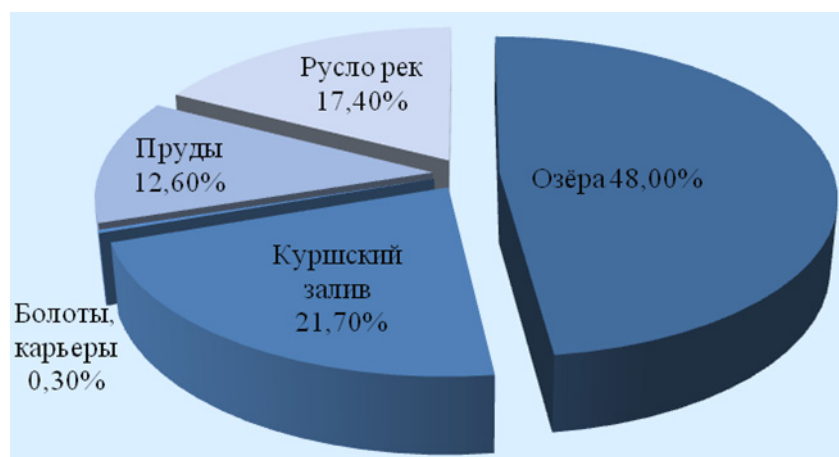
Оценивая и создавая модель управления водными ресурсами в Литве, мы провели качественное исследование и применили литературный метод и метод сравнительного анализа. Преимущественно акцент сделан на приводимые научными источниками (книги и научные статьи) обобщения, выводы прошлого. Для сравнительного анализа использовались статистические данные, связанные с управлением водными ресурсами в Литве. Для этого использовалась информация, предлагаемая на интернет-сайтах Министерства окружающей среды и Комитета по охране окружающей среды Литовской Республики.

## Результаты и обсуждение

Несмотря на то что на сегодняшний день имеющиеся водные ресурсы превышают расходуемое количество воды (рис. 1) и, следовательно, пока в стране достаточное количество подземных вод, все же существует очевидная проблема, с которой сталкиваются специалисты, занимающиеся управлением водными ресурсами в Литве (работники Министерства окружающей среды, ученые институтов и университетов), – немало водоемов на территории Литвы загрязнены [4, 5]. Это обусловлено различными причинами, однако наибольшее влияние на качество пресной воды оказывают промышленность, сельскохозяйственная деятельность и безответственный взгляд общест-венности на окружающую среду, ею предоставленные ресурсы. Поэтому, говоря о связанных с управлением водными ресурсами проблемах, необходимо упомянуть три тесно связанных аспекта – это социальный, экономический и экологический интерес.

Связанные с использованием воды проблемы должны решаться как на глобальном, так и на местном уровне, поэтому в Европейском Союзе это одно из приоритетных направлений в области охраны окружающей среды [1]. Проводимая в Литве политика управления водными ресурсами способствует улучшению качества воды: строятся новые водоочистные сооружения, общественности

предоставляется информация об опасностях загрязнения вод фосфатами, которые оказывают негативное влияние на Балтийское море. На территории Литвы можно выделить семь речных бассейнов (Немана, Лиелупе, Даугавы, Венты, Бартувы, Швентойи, Приегляуса) (табл., рис. 2). Бассейны малых речушек, непосредственно впадающих в Балтийское море и Куршский залив, объединены в один речной бассейн Литовского приморья. Кроме того, следует знать, что бассейны состоят из подбассейнов.



**Рис. 1. Поверхность области распределения воды**  
(источник: Комитет по охране окружающей среды, 2010 г.)

#### Водосборы рек Литвы

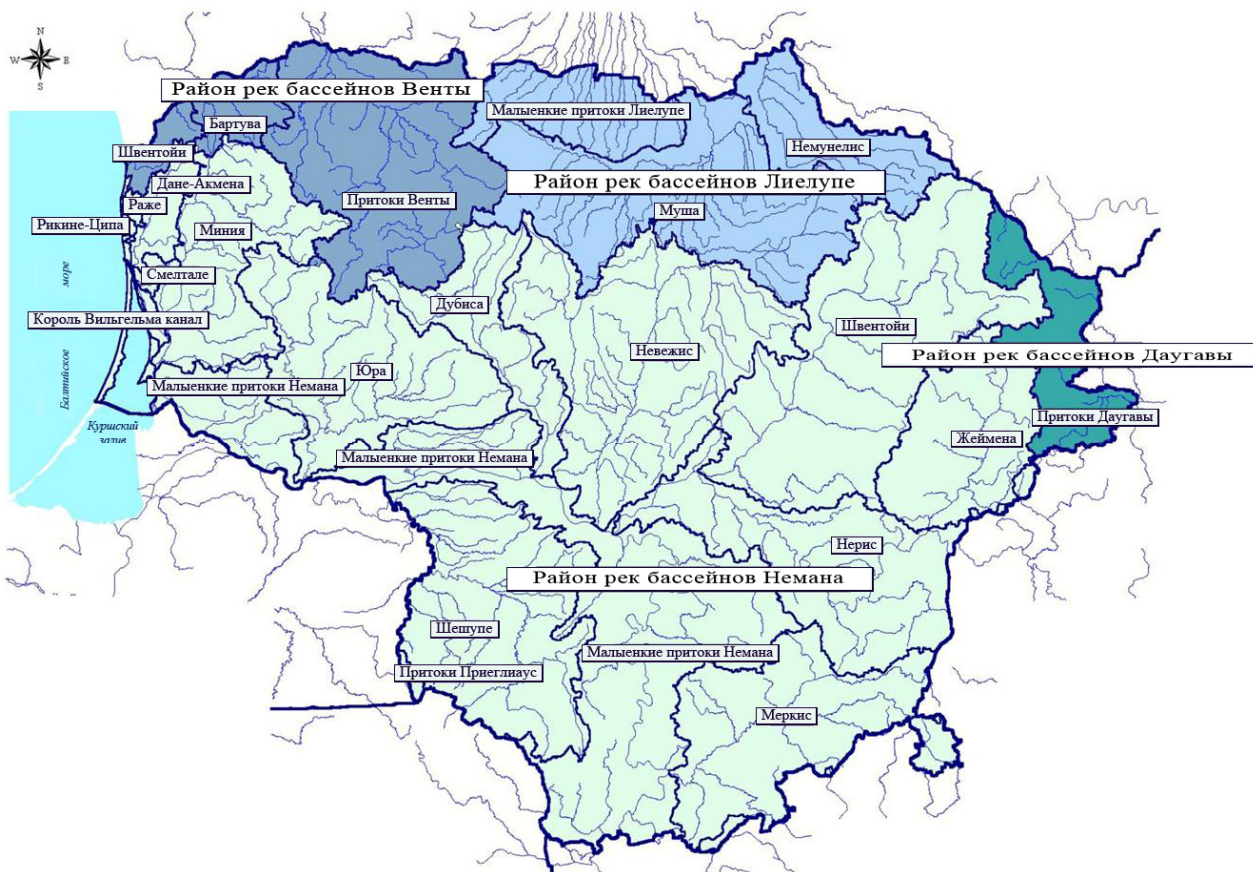
Бассейны рек	Местоположение	Площадь бассейнов рек, км <sup>2</sup>	
		общая	в Литве
Неман	Территория Литвы является частью бассейна р. Неман. К нему относятся также водосборные территории прибрежных рек (кроме Швентойи, Бартува), р. Приегляус, части Куршского залива и прибрежные воды Балтийского моря	97 928,0	46 700,0
Вента	Бассейны рек Вета, Бартува и Швентойи, расположенные на территории Литвы	17 097,4	10 067,0
Даугава	Бассейн р. Даугава, расположенный на территории Литвы	12 324,7	3075,3
Лиелупе	Бассейн р. Муша (Лиелупе), расположенный на территории Литвы	5540,6	3338,1

В настоящее время уже выполнено немало работ по программе бассейнового управления: определены районы речных бассейнов, распределены функции по управлению бассейнами между Министерством окружающей среды и подвластными ему структурами. Более того, соответствующее законодательство гарантирует, что Министерство окружающей среды, подчиненные ему институты, другие государственные учреждения и местные учреждения самоуправления будут обмениваться информацией, сотрудничать в подготовке планов управления районами речных бассейнов, в программе средств и отчетов ЕК [1].

В первую очередь было оценено состояние районов речных бассейнов и влияние антропогенной деятельности на него, проведен экономический анализ защиты и использования вод, далее – поставлены цели по охране вод в отношении речных бассейнов, для достижения целей подготавливаются программы средств, а также план управления речными бассейнами. По информации, приводимой Комитетом по охране окружающей среды, в Литве зафиксировано хорошее экологическое состояние вод (рис. 3–6).

Другая связанная с использованием воды проблема – это качество шахтовых колодцев, используемых в пригородах, в деревнях. Чаще всего шахтовые колодцы бурят в тех местах, где рядом проводится интенсивная сельскохозяйственная деятельность. Поэтому здесь мы сталкиваемся с основной причиной, почему малозащищенные подземные воды загрязняются. Согласно данным Комитета по охране окружающей среды, большинство шахтовых колодцев загрязнены: слишком дорого приобретать глубокие скважины, поэтому используется вода грунтовых слоев. Колодезная вода загрязнена нитратами, другими химическими веществами, колодцев с микробиологическим и физическим загрязнением еще больше. Можно утверждать, что это проблема, требующая дальновидного решения с целью сохранения качества ресурсов подземных вод и состояния здоровья людей.





**Рис. 2. Бассейны и суббассейны рек** (источник: Комитет по охране окружающей среды, 2010 г.)

За последнее десятилетие XX века в Литве была создана новая правовая система в области окружающей среды, она также дала правовые основания для управления водными ресурсами. Правовое управление водными ресурсами в Литве регламентируют законы и нормативные документы. Законы устанавливают основные принципы управления, а нормативные документы приводят детальные требования по внедрению законов. До 2003 г. основным законом, регламентирующим охрану вод, управление, использование, права и обязанности пользователей воды, другие регулируемые отношения, связанные с охраной и использованием воды, был закон Литовской Республики о водах, заменивший ранее действовавший Водный кодекс Литовской Республики. Однако в 2003 г. Сейм Литовской Республики принял изменение к закону о водах Литовской Республики, которое было согласовано с директивой 2000/60/ЕО общей политики ЕС в области воды. Согласно положениям этого правового документа, водоемы по праву собственности, на основании аренды или другого договора используются жителями для удовлетворения потребностей в питьевой воде, рекреации и спорта, потребностей сельского хозяйства и промышленности, судоходства, гидротехнических сооружений, рыбоводства, рыбалки и охоты, выпуска сточных вод, ликвидации аварий и стихийных бедствий [1]. Министерство окружающей среды в Литве является основным государственным учреждением управления водами, которое назначило Комитет по охране окружающей среды в качестве исполнительного учреждения по выполнению требований директивы Общей водной политики. Требования ориентированы на реструктуризацию управления водами и достижение хорошего качества воды к 2015 г.

Необходимо отметить и такой важный аспект, как обязательное информирование населения о качестве водных ресурсов, возможность предоставления предложений и замечаний. Таким образом, можно гарантировать, что общественность будет осведомлена о реальной ситуации управления водными ресурсами, сложившейся на данный момент в Литве. Необходимо стремиться просветить людей из литовских деревень и их общины, изменяя устоявшийся взгляд на воду, обеспечение ее безопасности для здоровья людей. В этих целях следует использовать интерактивные средства, научно-популярные книги, статьи, фильмы, семинары и другие мероприятия.





**Рис. 3. Неман – крупнейшая река, текущая по территории Литвы (фото Юлиуса Киелайтиса)**



**Рис. 4. Неман рядом Радуне, Юрбаркас район (фото Юлиуса Киелайтиса)**



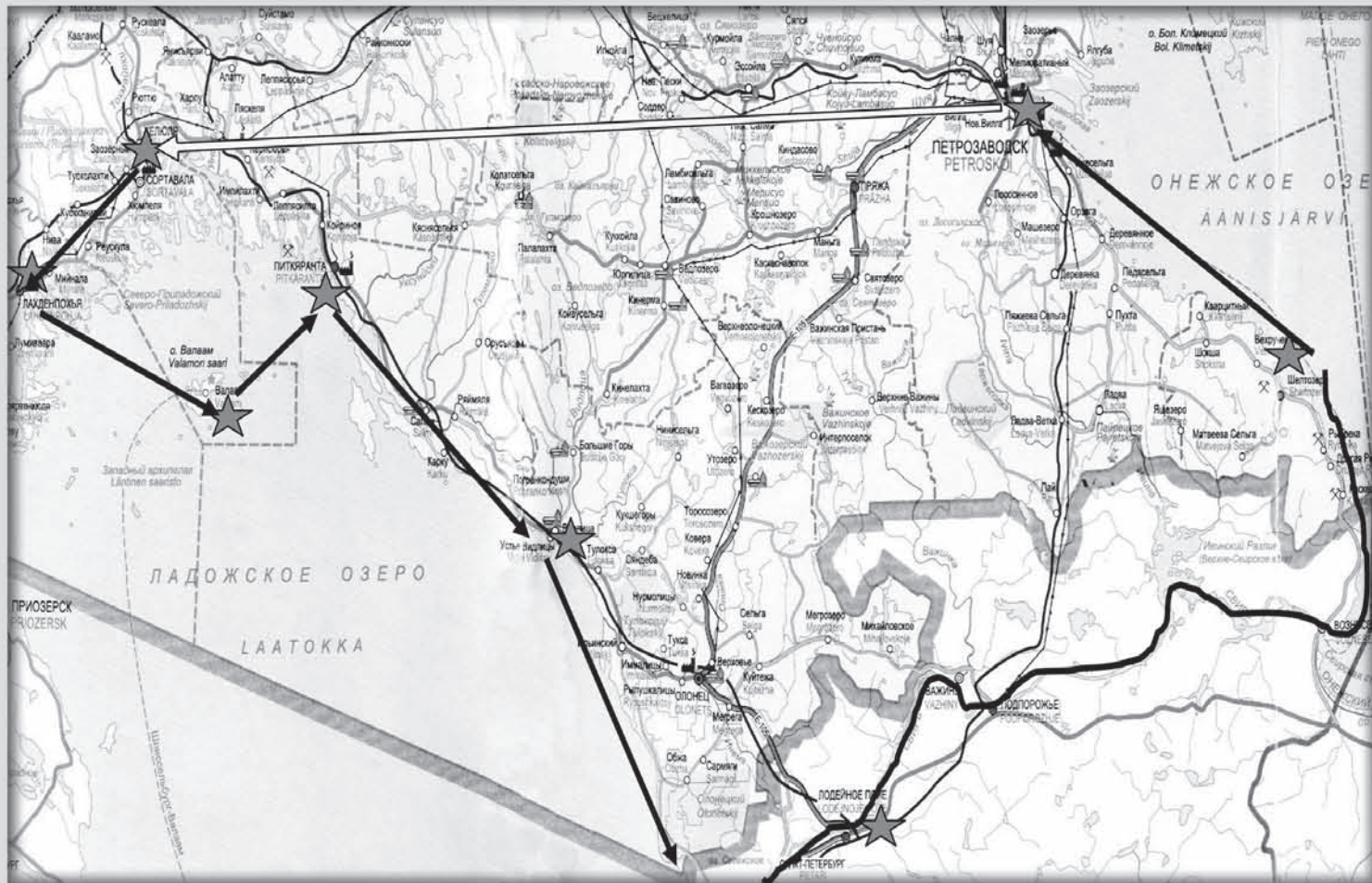


**Рис. 5. Вторая по величине в Литве река Нерис (фото Юлиуса Киелайтиса)**



**Рис. 6. Река Нерис в Вильнюсе (фото Юлиуса Киелайтиса)**





# ВОДНАЯ СРЕДА И ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ: ИССЛЕДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ОХРАНА

**МАТЕРИАЛЫ**  
**IV Школы-конференции молодых ученых**  
**с международным участием**  
**(26-28 августа 2011 г.)**



Цель таких мер одна – достигнуть наилучших результатов в деле сохранения бесценных и ограниченных ресурсов пресной воды. Принадлежащие государству наземные водоемы согласно установленному законодательством порядку можно использовать для рекреации, водного спорта, плавания на лодках с двигателями внутреннего сгорания ограниченной мощности. Разрешено брать и использовать до 10 м<sup>3</sup> воды в сутки (за исключением торговли водой), также для ликвидации аварий и стихийных бедствий. В других случаях воду можно использовать с разрешением на использование природных ресурсов, в котором установлены условия использования воды и требования к охране. Соблюдая установленные законодательством условия, владельцы водоемов могут использовать воду без разрешения на использование природных ресурсов. Во всех случаях выдвигается требование – обеспечить охрану воды. Другой важный закон – это государственная программа мониторинга окружающей среды – подзаконный документ Закона о мониторинге окружающей среды. Он устанавливает точки, частоту взятия образцов воды, параметры мониторинга поверхностных, подземных, прибрежных вод и др. На рисунке приведена модель управления водными ресурсами в Литве (рис. 7). Оценив применяемую в настоящее время в Литве модель, можно сделать вывод о том, что необходимо способствовать осуществлению целей гармоничного развития в политике окружающей среды Литвы, особенно выделяя водный сектор. Осуществление норм ЕС в водной области – одно из самых дорогих, связанное с большими финансовыми инвестициями. Инвестиции необходимы для обеспечения инфраструктуры сооружений, реновации водопроводных сетей, осуществления управления бассейнами.

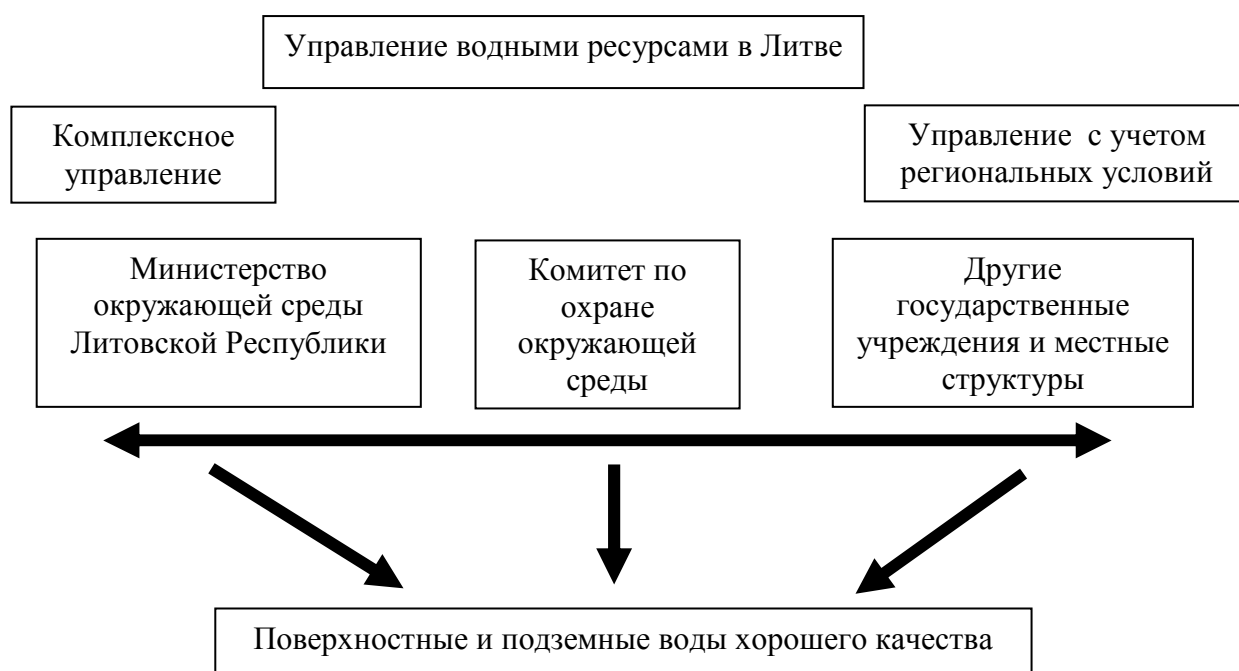


Рис. 7. Модель управления водными ресурсами в Литве

На основании экспертных материалов, приводимых в литературных источниках, можно предположить, что обеспечение более реальных цен и лучшего управления водными ресурсами снизит их использование в сельском хозяйстве. С другой стороны, мы можем быстро и дешево снизить спрос – соблюдая требования к охране окружающей среды и экономя, заставляя транжиров воды платить больше, проводя более эффективную политику охраны воды.

### Заключение

В сравнении с другими компонентами окружающей среды, вода – важнейший используемый человеком возобновляющийся ресурс недр земли. Несмотря на то что в Литве не чувствуется недостатка воды, применяемая модель управления водными ресурсами отражает стремление обеспечить качество питьевой воды, снизить загрязнение поверхностных вод бытовыми отходами и по возможности ограничить загрязнение подземных вод.

Приведенная модель управления водными ресурсами, используемая в Литве, показывает, как законными и маркетинговыми средствами и методами мы стремимся снизить загрязнение воды дождевыми сточными водами, городскими сточными водами, предотвратить загрязнение воды от сельскохозяйственных источников, рационально использовать гидроэнергию, восстанавливать и развивать базу сооружений водного хозяйства. Установлено, что применяя рациональную и прозрачную политику цен на воду, возможно оптимизировать управление водными ресурсами, а также в этой области охраны окружающей среды перейти к осуществлению целей гармоничного развития, т. е. обеспечить соблюдение как социальных, экономических интересов, так и интересов окружающей среды. Например, в деревнях все еще встречаются проблемы инфраструктуры – недостаток колодцев, труб, а также контроля загрязнения. Решения таких проблем обычно достаточно просты, только сложно достижимы в политическом смысле: необходимые инвестиции в технологии, лучшее управление, вовлечение общественности, правильные цены на воду, умение пользователей воды ухаживать за своими системами. Следовательно, для развития инфраструктуры на территориях деревень и загородных территориях необходимо эффективно использовать средства зарубежных стран, финансовую помощь ЕС, а для осуществления средств охраны вод – создать эффективную информационную систему об управлении водными ресурсами и систему информирования общества, чтобы обеспечить участие всех заинтересованных сторон в принятии решений в водном секторе.

### Литература

1. Лаздинис И. (ред.). Окружающая среда, политика и управление. Вильнюс, 2008. 338 с.
  2. Яблонскис Я., Коваленковиене М., Томкевишиене А. Руслы рек и ручьев Литвы // *Annales Geographicae*. 2007. 40 (1). P. 46–56.
  3. Dzemydienė D., Maskeliūnas S., Jacobsen K. Sustainable management of water resources based on web services and distributed data warehouses // *Technological and economic development of economy. Baltic Journal on Sustainability*. 2008. 14 (1). P. 38–50.
  4. Rajasekaram V., Nandalal K. D. W. Decision support system for reservoir water management conflict resolution // *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2005. 131 (6). P. 410–419.
  5. Richter B. D., Mathews R., Harrison D. L., Wigington R. Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity // *Ecological Applications*. 2003. 13 (1). P. 206–224.
- Балтийский форум окружающей среды:  
[http://www.bef.lt/Files/File/Vanduo%20ir%20as\\_K06\\_BEf\\_2010%2006%2023%2016h.pdf](http://www.bef.lt/Files/File/Vanduo%20ir%20as_K06_BEf_2010%2006%2023%2016h.pdf)  
Комитет по охране окружающей среды:  
<http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=2b2010df-f129-4b52-b1e7-6f977a40fbd6>  
<http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=9648a12b-93c8-45c5-bece-a81b93fce0fb>  
<http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=d5efb254-be50-41d0-9d07-f4ec05aba2ee>  
Министерство окружающей среды Литовской Республики:  
<http://www.am.lt/VI/index.php#a/5628>

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОЕМОВ г. ПЕТРОЗАВОДСКА

М. С. Потахин

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### Введение

Водные объекты урбанизированных территорий представляют большой научный интерес. С теоретической точки зрения исследователей интересуют вопросы функционирования водных экосистем в условиях постоянно высокого антропогенного воздействия, вопросы их трансформации и реставрации. С практической точки зрения необходимость изучения водных объектов вызвана их рекреационной ценностью. Актуальность тематики подтверждает большое количество публикаций по изучению водоемов и водотоков как крупных мегалополисов, так и небольших городов Российской Федерации [2, 3, 5, 7 и др.].

Город Петрозаводск расположен на берегу Петрозаводской губы Онежского озера, второго по величине пресноводного водоема Европы. Помимо акватории Петрозаводской губы, в городской

черте расположен ряд малых водоемов и водотоков: озера Четырехверстное, Ламба, Каменный карьер, реки Лососинка, Неглинка, Томица, ручьи Студенец, Каменный и др. Следует отметить, что водные объекты г. Петрозаводска изучены недостаточно, научные публикации по данной теме практически отсутствуют.

## Материалы и методы

Морфология озер является одним из существенных признаков, которыми может быть охарактеризована природа водоемов, так как она отражает процессы, послужившие причиной образования озерных котловин, и процессы, ведущие к дальнейшей переработке побережий и исчезновению озерной чаши. Морфология водоемов во многом определяет различные стороны функционирования озерных экосистем. Особенности строения котловин сказываются на интенсивности внешнего и внутреннего водообмена озер, на их термическом режиме, что, в свою очередь, отражается на качественном и количественном составе гидробионтов.

Морфологические особенности озер выражаются через разнообразные морфометрические величины – характеристики и показатели. Основными морфометрическими характеристиками водоема являются: площадь зеркала, длина и ширина, длина береговой линии, средняя и максимальная глубина. На их основе вычисляются различные морфометрические показатели: показатель удлиненности, развития береговой линии, открытости, формы и т. д. При помощи этих величин определяется горизонтальная и вертикальная расчлененность водоемов, от которой зависит степень воздействия метеорологических факторов на водную поверхность, перераспределение гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик. Они имеют большое значение при сравнительном морфологическом изучении озер, исследовании отдельных сторон их режима, а также позволяют оценить принадлежность водоема к тому или иному типу.

Следует отметить, что главной морфологической особенностью озер Карелии является ярко выраженная связь озерных котловин с рельефом [8]. Эта связь проявляется в распределении озер по территории, находит выражение в различных морфометрических характеристиках и объясняется геологической молодостью современного рельефа и озерно-речной сети.

В сентябре 2010 г. нами была проведена съемка глубин трех городских водоемов (оз. Четырехверстное, Каменный карьер и Ламба), результаты которой легли в основу настоящей работы. Работы проводились с использованием эхолота и GPS-навигатора фирмы Garmin. Расчет основных морфометрических характеристик и показателей осуществлялся по соответствующим методикам [1, 9 и др.].

## Результаты и обсуждение

**Озеро Четырехверстное** расположено в южной части города, в микрорайоне Ключевая. Площадь водоема 11,8 га, основные морфометрические характеристики представлены в табл. 1. Котловина имеет простое строение, с глубоководными участками в северной и центральной части озера (рис. 1). Наличие в донных отложениях ленточных глин [6] и расположение его не выше 120–125 м свидетельствует о том, что водоем являлся частью Онежского приледникового озера [4]. Таким образом, оз. Четырехверстное можно отнести к реликтовым водоемам [11]. Из озера вытекает руч. Каменный, который соединяет его с Онежским озером.

**Каменный карьер** – искусственный водоем в южной части города, расположен между микрорайонами Зарека, Кукковка и Ключевая. Образовался на месте горной выработки месторождения кварцито-песчаников «Каменный Бор» в результате затопления карьера после прекращения работ в 1980 г. [10]. Площадь водоема 13,6 га, основные морфометрические характеристики представлены в табл. 2. Котловина водоема имеет сложное строение и состоит из двух плесов (рис. 2). Северо-западный плес имеет меньшие размеры и большие глубины (до 13 м), юго-восточный плес – большие размеры и меньшие глубины (до 7 м).

Таблица 1

### Основные морфометрические характеристики оз. Четырехверстного

Высота над уровнем моря, м		102,2
Площадь зеркала озера, км <sup>2</sup> (га)		0,118 (11,8)
Длина береговой линии, км		1,5
Объем озера, км <sup>3</sup> (10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup> )		0,000373 (0,373)
Длина озера, км		0,6
Ширина, км	средняя	0,20
	наибольшая	0,23
Глубина, м	средняя	3,2
	наибольшая	4,6



Участки водоема разделены поднятием дна, где при низком уровне воды породы выступают в виде узкого островка и отдельных глыб. Берега высокие и обрывистые, за исключением пологого юго-западного берега. Поверхностный сток из водоема отсутствует.

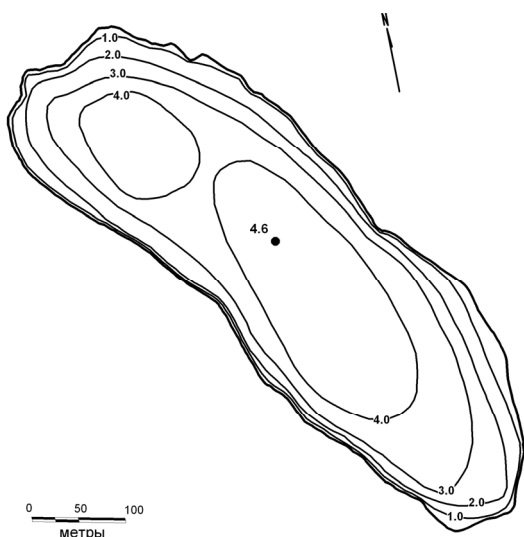


Рис. 1. Схема глубин оз. Четырехверстного

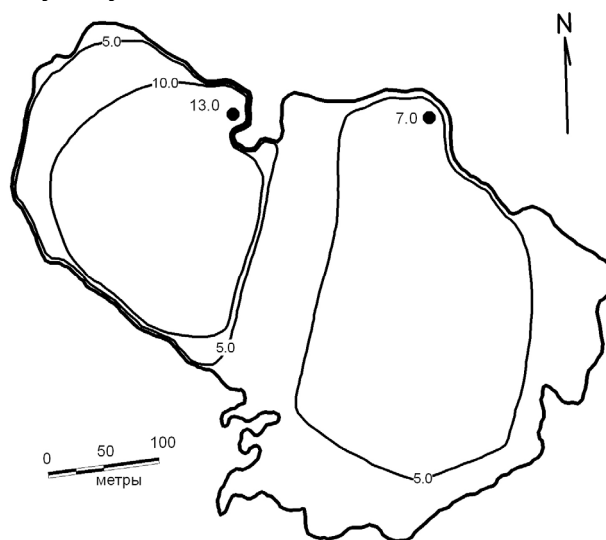


Рис. 2. Схема глубин Каменного карьера

Таблица 2

**Основные морфометрические характеристики Каменного карьера**

Высота над уровнем моря, м	54,5
Площадь зеркала озера, км <sup>2</sup> (га)	0,136 (13,6)
Длина береговой линии, км	2,0
Объем озера, км <sup>3</sup> (10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup> )	0,000912 (0,912)
Длина озера, км	0,58
Ширина, км	средняя 0,23
	наибольшая 0,34
Глубина, м	средняя 6,7
	наибольшая 13,0

Таблица 3

**Основные морфометрические характеристики оз. Ламба**

Высота над уровнем моря, м	(85)
Площадь зеркала озера, км <sup>2</sup> (га)	0,0140 (1,4)
Длина береговой линии, км	0,58
Объем озера, км <sup>3</sup> (10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup> )	0,000047 (0,047)
Длина озера, км	0,24
Ширина, км	средняя 0,06
	наибольшая 0,07
Глубина, м	средняя 3,4
	наибольшая 5,2

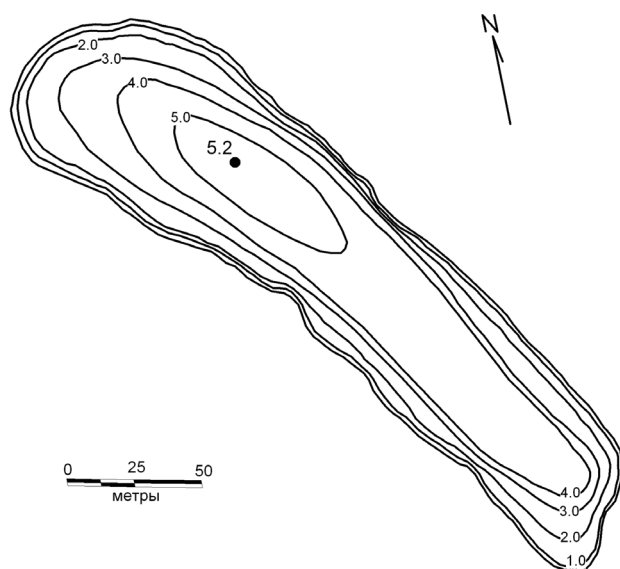


Рис. 3. Схема глубин оз. Ламба

**Озеро Ламба** расположено в северной части города, в микрорайоне Сулажгора. Озеро небольшого размера (1,4 га), основные морфометрические характеристики представлены в табл. 3. Котловина имеет простое строение (рис. 3). Берега водоема низкие, заболоченные, со сплавинами. Из озера вытекает ручей, являющийся притоком р. Томица, впадающей в оз. Логмозеро.

**Заключение**

Результаты проведенных морфологических исследований озер Четырехверстного, Каменного карьера и Ламбы станут основой изучения гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режима водоемов г. Петрозаводска. Перспективными объектами для исследований также является ряд водоемов, расположенных как в пределах города Петрозаводска, так и у городской черты

(карьерные водоемы микрорайона Кирпичный, озера Половинное Долгое, Круглое и Уварово, группа водоемов оз. Денного и др.).

### Литература

1. Верещагин Г. Ю. Методы морфометрической характеристики озер // Труды Олонецкой научной экспедиции. 1930. Ч. II. Вып. 1. С. 3–114.
2. Власов В. А., Сметанин В. И. Инженерно-мелиоративное обустройство водных объектов в городских условиях // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 4. С. 11–15.
3. Голунков Ю. В., Салтыков А. В., Богданова Р. А. и др. Проблемы малых водных объектов на урбанизированных территориях (на примере р. Свияга в пределах г. Ульяновска) // Проблемы региональной экологии. 2007. № 5. С. 18–22.
4. Демидов И. Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 171–182.
5. Каширо М. А. Влияние экологического состояния водных объектов на рекреационный потенциал городской территории (на примере г. Томска) // Вестник Томского гос. ун-та. 2010. № 333. С. 177–180.
6. Лаврова Н. Б. Некоторые особенности состава спорово-пыльцевых спектров позднеледниковых отложений Олонецкого плато // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 183–188.
7. Лебедева Е. В., Михалев Д. В. Водные объекты урбанизированных территорий: подходы и методы реабилитации (на примере Московской области) // Экология урбанизированных территорий. 2010. № 2. С. 62–68.
8. Литинская К. Д. Режим уровней воды озер и водохранилищ Карелии. Л., 1976. 146 с.
9. Муравейский С. Д. Очерки по теории и методам морфометрии озер // Реки и озера. М., 1960. С. 91–125.
10. Старцев Н. С., Коваленко В. Н. Режим искусственного водоема в Петрозаводске // Исследование водных ресурсов Карелии: Опер.-информ. материалы. Петрозаводск, 1989. С. 37–41.
11. Субетто Д. А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб., 2009. 339 с.

## ОЗЕРО МУРОМСКОЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**М. С. Потахин, М. С. Богданова, А. В. Толстиков**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### Введение

Озеро Муромское – водоем Восточного Обонежья (рис. 1). Несмотря на достаточно большие размеры, озеро является слабоизученным водным объектом [3, 4, 6, 8, 9 и др.]. Летом 2010 г. экспедицией Отделения Русского географического общества в Республике Карелия, в рамках гранта РГО «Историко-географические памятники Европейского Севера России», были проведены первые полевые исследования оз. Муромского и его водосбора.



**Рис. 1. Географическое положение оз. Муромского**

## Материалы и методы

Гидрологические исследования оз. Муромского проводились с катера «Казанка 5-м», для промера глубин использовался эхолот и GPS-навигатор фирмы Garmin, для гидрофизической съемки – CTD-зонд фирмы «Sea & Sun», для измерения прозрачности – стандартный диск Секки. Расчет основных морфометрических характеристик и элементов многолетнего водного баланса осуществлялся с использованием соответствующих методик [1, 2, 7 и др.]. При изучении современного состояния прибрежных геокомплексов применялся ландшафтно-динамический подход, разработанный в лаборатории ландшафтоведения и тематического картографирования СПбГУ [5].

## Результаты и обсуждение

Оз. Муромское принадлежит к бассейну Балтийского моря, расположено на водосборе р. Муромка – притока Онежского озера. Координаты условного центра озера: 61°30' с. ш., 36°21' в. д. Площадь зеркала озера равняется 38,5 км<sup>2</sup>, площадь водосбора – 365 км<sup>2</sup>. Коэффициент удельного водосбора (отношение площади водосбора к площади зеркала озера) – 9,5. Высота уреза воды над уровнем моря 33,2 м БС.

Оз. Муромское является достаточно редким для территории Карелии водоемом водно-аккумулятивного генезиса (озеро-лагуна, некогда являвшееся заливом Онежского озера). Котловина озера имеет блюдцеобразную форму с ровным рельефом дна и преимущественно песчаными грунтами. Берега низкие, заболоченные. На водоеме расположено несколько островов общей площадью 0,035 км<sup>2</sup>. Основные морфометрические характеристики озера приведены в табл. 1. Схема глубин, составленная по результатам проведенной съемки, представлена на рис. 2.

Таблица 1

**Основные морфометрические характеристики оз. Муромского**

Площадь зеркала озера, км <sup>2</sup>		38,5
Длина береговой линии, км		36,4
Объем озера, км <sup>3</sup>		0,0928
Длина озера, км		9,4
Ширина, км	средняя	4,1
	наибольшая	6,8
Глубина, м	средняя	2,4
	наибольшая	3,5

Оз. Муромское является проточным водоемом. В него впадают реки Гаукса, Сорма, руч. Мутручей и ручей без названия, вытекает р. Муромка. Из озера также есть выход посредством канала, который был создан в середине прошлого века для целей лесосплава (канал соединяет озеро с р. Муромка). Элементы многолетнего водного баланса и показатели внешнего водообмена представлены в табл. 2.

Оз. Муромское является проточным водоемом. В него впадают реки Гаукса, Сорма, руч. Мутручей и ручей без названия, вытекает р. Муромка. Из озера также есть выход посредством канала, который был создан в середине прошлого века для целей лесосплава (канал соединяет озеро с р. Муромка). Элементы многолетнего водного баланса и показатели внешнего водообмена представлены в табл. 2.

Таблица 2

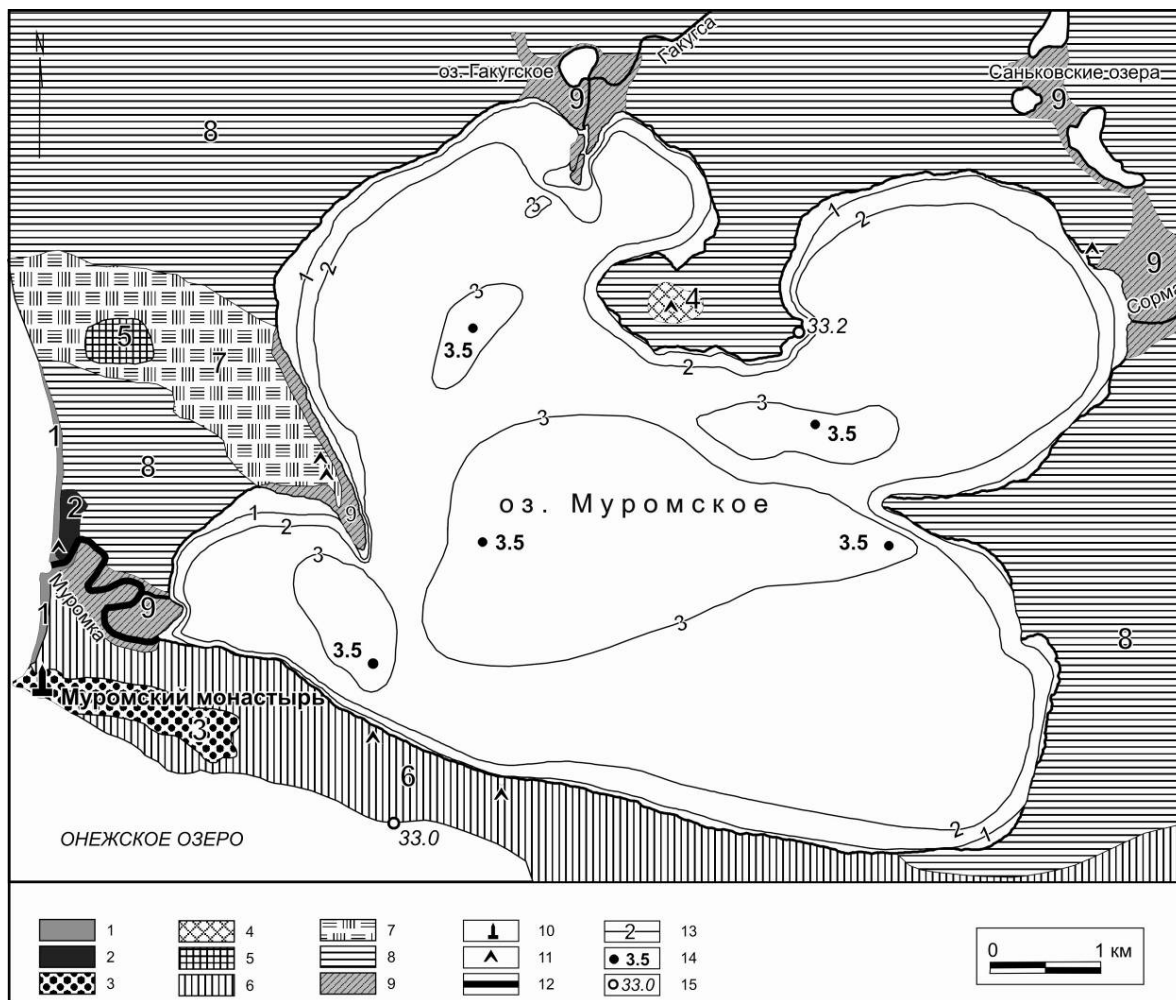
**Многолетний водный баланс и показатели внешнего водообмена\***

Приход, км <sup>3</sup>		Расход, км <sup>3</sup>		Условный водообмен	
Приток с водосбора	Осадки на зеркало	Сток из озера	Испарение с водной поверхности	Коэффициент, год <sup>-1</sup>	Период, год
0,1247	0,0301	0,1379	0,0169	1,67	0,60

Проведенная гидрофизическая съемка (9 измерений в характерных точках) показала, что в силу незначительных глубин структура толщ воды представляет собой однородную водную массу. Измерения в западном плесе у истока р. Муромка (увеличение прозрачности, уменьшение мутности и др.) свидетельствуют о том, что воды Онежского озера с нагонами эпизодически попадают в оз. Муромское. Средняя прозрачность воды в озере составила 0,8 м по диску Секки.

Оз. Муромское расположено в южной части ландшафтного заказника «Муромский». Для проведения ландшафтных исследований на водосборе был выбран ключевой участок, включающий береговые комплексы озера и окрестности монастыря (рис. 2). Территория приурочена к району распространения озерных и озерно-ледниковых ландшафтов. Около 70% территории участка занимает Муромская болотная система. Она представлена олиготрофными, мезоолиготрофными и мезоевтрофными торфяниками, на которых встречаются все типы болотной растительности. К берегам оз. Муромского приурочены пушицево-сфагновые и осоково-пушицево-сфагновые с редкой березой и сосной мезоолиготрофные болота.

\* Без учета притока вод Онежского озера.



**Рис. 2. Схема глубин и прибрежных природных комплексов оз. Муромского:**

1 – пляжи; 2 – дюнные комплексы с редкостойными сосновыми злаково-лишайниковыми лесами и песчаными пустошами; 3 – окультуренные песчано-галечные равнины с сочетанием зарастающих лугов и сосново-мелколиственных травяных лесов; 4 – песчаные равнины с сосновыми с примесью березы кустарничково-зеленомошными лесами; 5 – окультуренные песчано-галечные равнины с березово-еловыми с примесью сосны травяно-злаково-зеленомошными лесами; 6 – сочетание песчаных равнин, в том числе окультуренных, с сосновыми, елово-сосновыми и сосново-мелколиственными травяными и злаково-кустарничково-зеленомошными лесами и олиготрофных торфяников с сосновыми пушицево-кустарничково-сфагновыми лесами; 7 – песчано-галечные равнины с березово-сосновыми травяно-сфагновыми лесами; 8 – мезотрофные и мезоолиготрофные торфяники с пушицево-сфагновыми и осоково-пушицево-сфагновыми с редкой березой и сосной болотами; 9 – мезотрофные торфяники с тростниково-осоковыми болотами и тростниковые топи; 10 – монастырь; 11 – деревянные строения; 12 – водотоки; 13 – изобаты; 14 – максимальные глубины (м); 15 – высота уреза воды над уровнем моря (м БС).

Около 25% ключевого участка занимают песчаные и песчано-валунные равнины, примерно одна треть из них в прошлом была окультурена. В настоящее время огороды и луга расположены только в окрестностях монастыря. Практически все разнотравно-злаковые луга находятся на разных стадиях зарастания. Лесные сообщества представлены сосновыми, елово-сосновыми, сосново-мелколиственными, березово-еловыми травяными и злаково-кустарничково-зеленомошными лесами.

Для западной части ключевого участка, для побережья Онежского озера, характерны песчаные пляжи и дюны. На полосе пляжа растительность отсутствует. В переходной зоне между пляжем и дюной появляются растения-пионеры – волосец песчаный, овсяница красная, чина морская, гвоздика песчаная, тимьян обыкновенный и др. На дюнных комплексах произрастают редкостойные сосновые леса, в напочвенном покрове которых можно встретить сочетание злаково-лишайниковых, толокнянково-зеленомошных и травяно-кустарничковых растительных ассоциаций, а также песчаные пустоши с опадом хвои и шишек. В настоящее время практически все луга находятся на разных стадиях зарастания.

В настоящее время оз. Муромское используется для любительского рыболовства и отдыха. Анализ антропогенной нагрузки показал, что прибрежные территории подвержены достаточно высокому рекреационному освоению. На берегах озера расположено около 10 строений (в основном, избы рыбаков), а на перешейке между Муромским и Онежским озерами их количество достигает 30. Окрестности многих из них сильно замусорены, у некоторых имеются следы возгораний леса. На территории ключевого участка также было обнаружено несколько вырубок. Такое использование территории является грубым нарушением ее природоохранного статуса ландшафтного заказника.

### **Заключение**

Проведенные рекогносцировочные исследования показали, что оз. Муромское является нетипичным для территории Карелии водоемом водно-аккумулятивного генезиса, т. е. озером-лагуной. Большой интерес представляет гидрологический режим озера, обусловленный ветровым нагоном вод Онежского озера. На территории водосбора оз. Муромского расположена уникальная водно-болотная система, на которой представлены все основные типы болот: евтрофные, мезотрофные и олиготрофные. Эти и некоторые другие уникальные черты оз. Муромского характеризуют его как интересный объект комплексных исследований как внутриводоемных процессов, так и процессов, протекающих на его водосборе.

### **Литература**

1. Богословский Б. Б. Водный баланс и термика озер и водохранилищ. Л., 1979. 72 с.
2. Горшков И. Ф. Гидрологические расчеты. Л., 1979. 432 с.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Вып. 7. Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озер. Л., 1986. 220 с.
4. Григорьев С. В. Внутренние воды Карелии и их использование. Петрозаводск, 1964. 618 с.
5. Исаченко Г. А. Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование. СПб., 1998. 112 с.
6. Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н. Н. Филатова, А. В. Литвиненко. Петрозаводск, 2001. 290 с.
7. Муравейский С. Д. Очерки по теории и методам морфометрии озер // Реки и озера. М., 1960. С. 91–125.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л., 1965. 700 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л., 1972. Ч. 1. 528 с.; Ч. 2. 278 с.

## **ОБОНЕЖЬЕ: СУЩНОСТЬ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО НАЗВАНИЯ**

**С. Б. Потахин<sup>1</sup>, М. С. Богданова<sup>2</sup>, А. А. Мартынов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Карельская государственная педагогическая академия*

<sup>2</sup> *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### **Введение**

Что такое Обонежье? Любой человек на этот вопрос ответит, что это территория вокруг Онежского озера, и, конечно, будет прав. Однако сущность понятия «Обонежье» намного шире. Обонежье является не только географической категорией, но и несет огромную смысловую нагрузку в других отраслях знаний. Топоним «Обонежье» довольно часто встречается в исторических, этнографических, лингвистических, архитектурных и других публикациях (например, [2, 8, 9, 12]; большое количество выступлений на конференциях «Рябининские чтения» и др.). Исходя из этого возникает вопрос о сущности географического названия «Обонежье».

### **Материалы и методы**

Для анализа понятия «Обонежье» использовались литературные источники, дневники путешественников, архивные материалы, а также результаты собственных полевых и экспедиционных исследований по южной части Карелии и прилегающим к побережью Онежского озера территориям.

## Результаты и обсуждение

Понятие «Обонежье» в широком смысле этого слова сформировалось исторически, в течение длительного периода времени. Это слово лежит в основе таких понятий, как «Обонежская пятина» (часть Новгородской Земли, первое упоминание о которой встречается в писцовой книге Юрия Сабурова 1496 г.), «Обонежский ряд», «Обонежская тысяча», «Обонежская школа деревянного зодчества» и т. д.

Этот термин можно встретить в дневниковых записях и публикациях исследователей XIX столетия: К. Ф. Кесслера [4], А. К. Гюнтера [3], В. Майнова [7] и др. В частности, И. С. Поляков [11], по утверждению Е. М. Эпштейна [13], подготовившего к изданию дневники, письма и статьи этого исследователя, под термином «Обонежье» в материалах по Олонецкой губернии подразумевал все побережье Онежского озера.

Обонежье, наряду с Верхней Русью, Приладожской Карелией (Raja Karjala), Ярославско-Костромским Поволжьем и др., выделяется как историко-культурная зона. Историко-культурная зона – это обособленное ареальное единство, которое выделяется по данным археологии, антропологии, этнографии, лингвистики, истории, геологии, географии, а также ряда других дисциплин (фольклористики, этномузыковедения). Такие зоны складываются постепенно на определенной территории, в условиях конкретного климата и ландшафта и определяются физико-географическими, хозяйственными, историческими, демографическими, языковыми и собственно этнографическими факторами в их взаимосвязи [10, с. 8].

Границы между историко-культурными зонами выделяются по этническому признаку, так, граница между Обонежьем и Юго-Восточным Приладожьем, проходящая на юге до р. Свирь в ее среднем течении, отчетливо выделяется по границе ареалов расселения карелов-люди́ков и карелов-ливвиков [1].

Традиционно в пределах Обонежья (с основой, связанной с топонимом Оне́го) выделяются две составные части: Прионежье и Заонежье.

Прионежье, по мнению М. О. Курило и Е. Г. Немковича [5], – это географическое понятие, появившееся в XIX в., когда старинное название Обонежье было поделено. К Прионежью в современных границах относятся приозерные части административных районов, находящиеся от г. Вытегры до г. Кондопоги. Основные этнолокальные группы этого ареала – вепсы и карелы-люди́ки.

Топоним «Заонежье» имеет несколько трактовок. Чаще всего Заонежьем называют Заонежский полуостров, а также район Кижского архипелага. Эта территория с запада ограничена Уницкой губой, с севера и востока – Повенецким заливом и заливами Большое и Малое Оне́го, с юга – центральным плёсом Онежского озера.

С этнографической точки зрения Заонежье – это ареал локальной этнической группы населения, называемой «русские Заонежья», или «заонежане». Эта группа, являющаяся потомками новгородцев и псковичей, отличается от других групп русского этноса собственным самосознанием, культурными традициями, особенностями природопользования, своеобразным говором. Ареал включает в себя Заонежский полуостров, Кижские шхеры, полуострова Лиж и Чаж, занимая в сетке административного деления часть территории не только Медвежьегогорского, но и Кондопожского района.

В физико-географическом плане территорию северо-западного побережья Онежского озера с характерным грядовым (сельговым) рельефом, а также по ряду других отличительных особенностей природы выделяют в отдельный Заонежский ландшафтный район. В пределах этого района расположен ареал расселения русских Заонежья, а также часть ареала карелов-люди́ков (район озер Сандал, Кончезеро, Укшезеро и др.).

Третья составная часть Обонежья – это Западное Пудожье, по различным критериям отделенное от Восточного. Оно заселено русскими, среди которых, например, выделяется микроэтнолокальная группа «шаляне» [6].

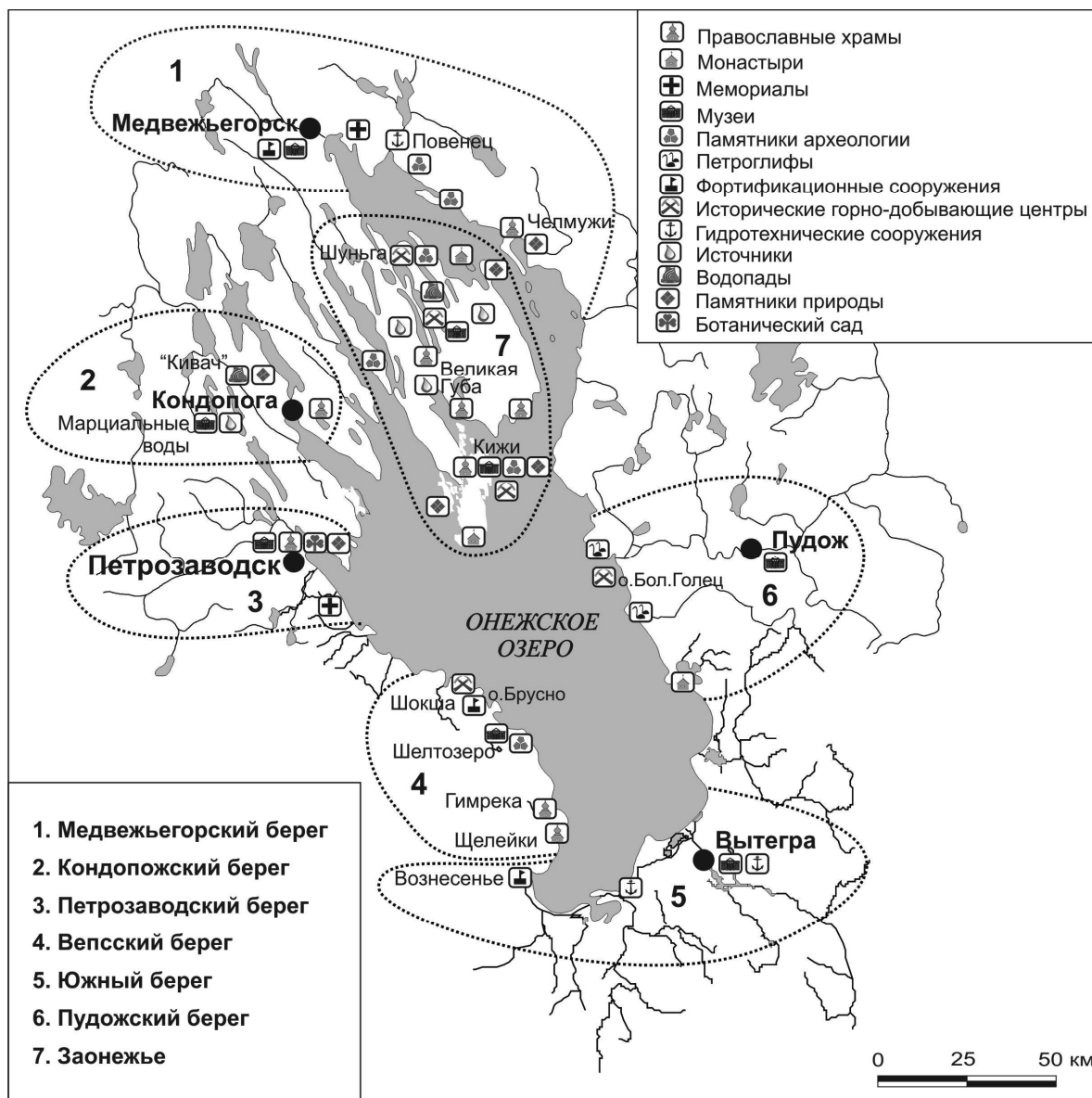
Подводя итог анализу понятия «Обонежья», нельзя не согласиться с высказыванием А. С. Герда о том, что «исторически Обонежье предстает как своеобразный котел, который тысячами втягивал в себя с юга и юго-востока различные племена и народы, пройдя через который они шли дальше на север, к Белому морю, и на восток, к великим рекам Русского Севера» [1].

В настоящее время к территории Обонежья можно отнести части административных районов, тяготеющих к побережью Онежского озера: Прионежского, Кондопожского, Медвежьего (Республика Карелия), Подпорожского (Ленинградская область), Вытегорского и Оштинского (Вологодская область). Эта территория, наряду со значительными лесными, минеральными и другими ресурсами, обладает богатым историко-культурным и природным потенциалом и в перспективе может стать крупным рекреационным объектом ранга района, привлекающим поток туристов на Север европейской части России, воспетый когда-то Николаем Клюевым: «Осенняя явь Обонежья, как сказка, баюкает дух...».

Обонежье как рекреационный район можно разделить на семь подрайонов, дав им для привлечения туристов звучные названия (рис.):

1. Медвежьего (северное побережье Онежского озера), территория древнего заселения, современный транспортный центр; в годы Великой Отечественной войны – место сооружения мощных фортификационных объектов;

2. Кондопожский (окрестности г. Кондопоги, Кондопожская и Лижемская губы, залив Большое Онего), территория появления первого российского курорта, первой карельской гидроэлектростанции, первого заповедника в Карелии, современный индустриальный центр; коренное население – карелы-людики и русские;



Обонежье как рекреационный район



3. Петрозаводский берег (Петрозаводская губа Онежского озера), окрестности г. Петрозаводска, индустриальный район онежского побережья с сохранившимися природными объектами;

4. Вепсский берег – юго-западное побережье Онежского озера. Ареал проживания этнической группы северных вепсов в пределах Республики Карелия;

5. Южный берег – южное побережье Онежского озера, территория исторически развитого водного транспорта, активных военных действий периода Великой Отечественной войны; коренное население – собственно вепсы и русские;

6. Пудожский берег (юго-восточное побережье Онежского озера), территория древнего заселения, часть ареала русских Пудожского края;

7. Заонежский полуостров и Кижский архипелаг – ареал локальной этнической группы населения, называемой «русские Заонежья», или «заонежане», потомков новгородцев и псковичей; отличается от других групп русского этноса собственным самосознанием, культурными традициями, особенностями природопользования, своеобразным говором.

### Литература

1. Герд А. С. Исторические границы и ареалы Обонежья по данным разных гуманитарных наук // Очерки исторической географии: Северо-Запад России: Славяне и финны / А. Алквист, В. А. Булкин, И. Ю. Винокуров и др.; под общ. ред. А. С. Герда, Г. С. Лебедева. СПб., 2001. С. 409–416.

2. Глаголева А. Топонимика Обонежья (из доклада в Ист.-этнолог. секции 13/III 1929 г.) // Бюл. ЛОИКФУН, вып. 2 (авторефераты докладов и хроника работы). Л., 1929. С. 6–8.

3. Гюнтер А. К. Материалы к флоре Обонежского края // Тр. Петерб. о-ва естеств. 1880. Т. 11, вып. 2. С. 17–60.

4. Кесслер К. Ф. Материалы для познания Онежского озера и Обонежского края, преимущественно в зоологическом отношении. СПб., 1868. 143 с. (Прил. к трудам I Съезда русских естествоиспытателей.)

5. Курило М. О., Немкович Е. Г. Прионежье // Карелия: Энциклопедия: В 3-х т. / Гл. ред. А. Ф. Титов. Т. 2: К–П. Петрозаводск, 2009. С. 428.

6. Логинов К. К. Аморфные и обособленные группы русских в Олонецкой губернии // Европейский Север: история и современность: Тез. докл. Всерос. науч. конф. Петрозаводск, 1990. С. 140.

7. Майнов В. Поездка в Обонежье и Корелу. 2-е изд. // Журн. «Знание». СПб., 1877. 318 с.

8. Муллонен И. И. Этнолингвистическая история Обонежья // Очерки исторической географии: Северо-Запад России: Славяне и финны / А. Алквист, В. А. Булкин, И. Ю. Винокуров и др.; под общ. ред. А. С. Герда, Г. С. Лебедева. СПб., 2001. С. 332–248.

9. Мызников С. А. Русские говоры Обонежья. Ареально-этимологическое исследование лексики прибалтийско-финского происхождения. М., 2003. 540 с.

10. Очерки исторической географии: Северо-Запад России: Славяне и финны / А. Алквист, В. А. Булкин, И. Ю. Винокуров и др.; под общ. ред. А. С. Герда, Г. С. Лебедева. СПб., 2001. 512 с.

11. Поляков И. С. Три путешествия по Олонецкой губернии. Петрозаводск, 1991. 225 с.

12. Спиридонов А. М. Административно-территориальные границы в эпоху средневековья // Очерки... СПб., 2001. С. 352–359.

13. Эпштейн Е. М. Примечания // Поляков И. С. Три путешествия по Олонецкой губернии. Петрозаводск, 1991. С. 210.

## УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДОВ (на примере Петрозаводска)

Е. Н. Хохликова, М. Н. Хохликова

*Лицей № 40*

### Введение

Работа посвящена рассмотрению сложных задач, которые существуют при проектировании зданий и сооружений в целях защиты человека от неблагоприятных условий с учетом особенностей окружающей среды. Поэтому в работе рассмотрено влияние элементов климата на архитектурно-строительное проектирование, на строительство зданий и застройку городов.

Петрозаводск относится по строительно-климатическому районированию ко второму району из четырех, по режиму эксплуатации жилища – к закрытому типу. При архитектурно-строительном проектировании оцениваются местные условия микроклимата.

Цель работы: изучить влияние климатических факторов в архитектурно-строительном проектировании.

Задачи:

- Изучить теорию вопроса по литературным источникам;
- Рассмотреть факторы, формирующие климат Петрозаводска;
- Ознакомиться со строительно-климатическим районированием;
- Рассмотреть некоторые инженерно-технические особенности зданий;
- Выявить влияние климата на застройку города;
- Определить роль климатических факторов в проектировании жилищ.

### **Материалы и методы**

Объект исследования: строительно-климатические факторы.

Предмет исследования: влияние строительно-климатических факторов на проектирование зданий и застройку Петрозаводска.

Методы исследования: изучение теории вопроса по литературным источникам, наблюдения, картографический, фотографирования, опроса.

Авторы изучили строительно-климатические факторы и их влияние на застройку и проектирование, изучили разные виды застройки, требования к ней и проектированию жилища, провели опрос населения о комфортности жилищ и провели измерение температуры внутри четырех экспериментальных помещений.

Актуальность работы в том, что знания о современных подходах к проектированию помогут создавать людям более комфортные условия жизни в микрорайонах и в жилищах.

Материалы работы можно использовать на уроках географии при изучении темы «Климат», при преподавании курса «ОБЖ», в работе краеведческих кружков.

### **Результаты и обсуждение**

Географическое положение является ведущим фактором при проектировании и застройке территории городов.

Город Петрозаводск находится на северо-западе европейской части России. Его географические координаты 61°47' с. ш., 34°21' в. д. Он находится в относительно высоких широтах, влияющих на приход солнечного тепла. Из районов Арктики на территорию республики часто вторгаются холодные воздушные массы, с запада – морской воздух с Атлантического океана, выносимый западным переносом.

Местные условия: равнинный рельеф, довольно высокая заболоченность и заозерность окрестностей Петрозаводска, расположение на берегу холодного Онежского озера – способствуют формированию здесь своеобразного местного климата [2].

Проектировщик должен учитывать при застройке все климатические факторы.

Радиационный фактор – один из ведущих. При проектировании застройки важно учитывать сведения о солнечной радиации. Продолжительность инсоляции (прямая радиация) нормируется для помещений жилых и общественных зданий и застройки населенных территорий.

При проектировании учитывается температура наружного воздуха: среднегодовая, среднемесячная, абсолютные максимальная и минимальная. Прослеживаются редко повторяющиеся значения температуры наиболее холодного и теплого месяцев, пятидневки, суток, средние наиболее холодного и теплого периода года, суточные амплитуды колебания температуры теплого и холодного месяцев [1].

Среднегодовая температура воздуха на территории Петрозаводска +2,4° С. В наиболее холодные месяцы (декабрь – январь) среднемесячная температура –10° С. Вторжение арктического воздуха зимой дает особенно низкие температуры. Стоит антициклоническая погода, происходит радиационное выхолаживание подстилающей поверхности, усиливаются морозы.

Минимальная температура в январе достигала –41 °С. Лето умеренно теплое. Средняя июльская температура изменяется от +13,1 до +15,9 °С. Малоподвижный антициклон застаивается, воздух прогревается до +25 °С [2].

Изменение атмосферного давления значительно влияет на самочувствие человека.

При проектировании учитывается скорость ветра и его повторяемость по сторонам горизонта для разработки мероприятий по аэрации застройки, при теплотехнических расчетах ограждающих конструкции зданий. Скорость ветра бывает от 2,4 и до 3,4 м/с [2].

От состояния атмосферы зависит количество осадков, тепловой и влажностный режим воздуха, интенсивность освещения, инсоляции земной поверхности и помещений. Влажность воздуха, облачность влияют на человека и учитываются в проектировании надлежащего микроклимата в помещениях.

Распределение осадков на территории г. Петрозаводска зависит от рельефа, удаленности от озера, температурного режима. Наибольшее число дней с осадками приходится на июль, август. С ноября по март осадки выпадают в твердом виде. Высота снежного покрова до 1 м. Нормальной для человека считается относительная влажность от 30 до 60%. При высокой влажности нарушается тепловой баланс организма. В сочетании с высокой температурой может быть тепловой удар. При низкой температуре и высокой влажности воздуха повышается теплоотдача, и человеческий организм охлаждается. Облачность в Петрозаводске от 6 до 9 баллов. В Петрозаводске важно учитывать совместное действие ветра со снегом, ветра с дождем. Они влияют на стены и стыки блоков, разрушая их.

Климатические факторы учитываются при климатическом районировании территорий, архитектурно-строительном проектировании, в размещении отдельных зданий, при определении режимов эксплуатации зданий, степени комфортности среды обитания человека и в решении других задач [1]. Территория Петрозаводска относится к северной строительно-климатической зоне.

При строительстве учитывается тип погоды и связь помещений с внешней средой. Характер связи называется эксплуатационным режимом помещений. По погоде Петрозаводск относится к холодному типу, по эксплуатационному режиму – к закрытому. При этом помещения надо защищать от ветра, ориентировать постройки на солнце с 50° до 310° по горизонту (в 2, 3, 4-комнатных квартирах одна из комнат обязательно должна выходить на солнечную сторону), находить объемно-планировочные решения, иметь закрытые лестницы, шкафы для верхней одежды, центральное отопление, вытяжку, воздухопроницаемость (форточка) и теплозащиту.

Оценивая климат Петрозаводска, надо учитывать архитектурно-планировочные, инженерно-технические требования к зданиям и планированию застройки города. По строительно-климатическому районированию России к зданиям предъявляются определенные типологические требования. Типовые проекты учитывают фоновые климатические условия многолетних наблюдений.

При строительстве зданий и сооружений учитывают направление господствующих ветров, инсоляцию городской застройки и жилых помещений, защиту от задымления.

Петрозаводск находится в северном климатическом районе, в подрайоне со среднемесячными температурами января до -14 °С, июля от +12 до +21 °С с ветрами, скорость которых 5 и более м/с, со средней влажностью в июле более 75%.

В Петрозаводске выделяются спальные районы с санитарно-защитной планировкой от влияния промышленных зон (рис. 1). Существуют разные приемы застройки городских территорий.

Направления улиц и магистралей сделаны в соответствии с розой ветров. Это центральная часть города и прибрежная. С защитой от сильных ветров спланированы районы, расположенные на возвышенностях, Кукковка и Древлянка (рис. 2), где расстояние между зданиями от 3 до 8 их высот, здания стоят по периметру и играют роль экранов при защите от снега и ветра, создают обтекаемую форму. Входы в здания находятся внутри застроек, уменьшая охлаждение зданий.

Но есть районы, где возникает эффект усиления ветра до 20%. Это наблюдается в тех случаях, когда дома построены «ёлочкой». Это район Октябрьского проспекта (рис. 3).

На Первомайском проспекте сила ветра не учтена, это привело к искривлению деревьев в парке Железнодорожников и раздуванию мусора по парку.

Районы, расположенные на возвышенностях, летом прогреваются, зимой идет выхолаживание, около озера летом прохладно, зимой теплее.

Одним из важнейших элементов при строительстве зданий является крыша. Она определяет внешний вид, эстетику дома, выполняет функцию защиты здания от воздействия окружающей среды. Крыша должна обладать определенными свойствами: прочность, водонепроницаемость, теплоизоляция и воздухообмен, надежность.



Рис. 1. Санитарно-защитная планировка, г. Петрозаводск



Рис. 2. Район Древянка, г. Петрозаводск



**Рис. 3. Район Октябрьского пр., г. Петрозаводск**

Устройство кровли должно способствовать быстрому сбору дождевых, талых вод и их отводу в ливневую канализацию. Угол кровли по отношению к горизонтальной поверхности должен быть не менее  $30^\circ$ , чтобы не скапливался снег. При уклоне  $45^\circ$  снег сползает и сдувается. Деревья, растущие близко к дому, задерживают снег на крыше [3].

Материалы для крыш должны быть эластичными, чтобы воспринимать температурные и механические деформации кровли [5]. В Петрозаводске встречаются все типы крыш, но лучше те, которые имеют скаты разной формы.

Существуют недостатки и минусы плоских крыш: малая долговечность – 10–15 лет из-за несовершенства ковровых материалов. При неустойчивой погоде бывает промерзание водосливов, а при обильных снегопадах на плоских кровлях скапливается снег, который может стать причиной протечек на верхних этажах. Перегрева зданий на севере нет.

Однако недостатки и минусы есть и у скатных крыш: высокая стоимость, большой вес, парусность, всасывающее движения воздуха под теплоизоляцией, температурное воздействие на влажность. Это влияет на сохранность конструкций и усадку материалов, снегонакопление, увеличение угла увеличивает ветровую нагрузку на крышу. Ранней весной образуются сосульки, которые опасны для человека и животных, повреждают автомобили, фасады зданий и водосточные системы. Для предотвращения опасности применяют обогрев по краю кровли и водостоков системой кабелей и системой управления мощностью 30 кВт. На один метр периметра расходуется 150 кВт энергии.

При проектировании жилищ также надо учитывать местные условия. Помещения необходимо защищать от резких сезонных и суточных перепадов температуры наружного воздуха, от переохлаждения и от перегрева. Во втором климатическом районе увеличена ширина корпуса, устроены тамбуры и применено двойное остекление.

Используются материалы с высоким термическим сопротивлением. Площадь окон рассчитана. Для воздухообмена используются форточки и вытяжка, учитывается ориентация дома на местности, размеры проемов на фасадных поверхностях. Для северных районов инсоляция помещений должна обеспечиваться в течение 3 ч. Во втором климатическом районе важна высота потолков. Она влияет на потребление энергии в здании, снижает затраты на строительство, уменьшает объем воздуха для экономии тепла и энергии, сокращает производственные затраты на заводах, изготовлявших конструкции.

Опрос показал отношение жильцов к низким потолкам (2,4–2,55 м). Уменьшение высоты потолка не влияет отрицательно на микроклимат в квартире и не вызывает неприятных эмоций. Почти 67% жильцов сказали, что их высота потолков удовлетворяет.

Также проводились измерения наружной и внутренней температуры в четырех жилых помещениях размером 3,6×3 м. Комнаты были во всем одинаковыми, за исключением того, что высота потолков составляла 2,4; 2,7 и 3,3 м. Результаты показали, что увеличение высоты потолков до 2,7 м не дает заметного улучшения температурного режима. Также поднимался вопрос по проблемам проектирования жилища с оптимальной высотой потолков. Большинство считало, что стандартная высота потолка – 2,4 м – является достаточной, в то время как незначительное число участников высказалось за увеличение высоты потолков до 2,55 м [6].

По ГОСТу высота потолков в жилых домах была 2,5 м до 2005 г., с 2005 же она стала 2,70 м. В офисных помещениях она равна 3 м, а в зданиях другого вида высота потолков не должна быть меньше высоты, предусмотренной ГОСТом.

Мы опросили 100 человек и выяснили, что у 67% человек высота потолков меньше 2,7 м и они хотят увеличить ее, у 22% больше 2,7 м и для них это вполне приемлемая высота потолка, а остальные 11% – меньше 2,7 м и людей это устраивает.

При проектировании жилища требуется комплексный учет климатических факторов.

### **Заключение**

Таким образом, в работе сделана попытка рассмотреть элементы климата и их влияние на архитектурно-строительное проектирование для создания комфортных условий проживания.

Климатические факторы: температура и влажность воздуха, ветер, осадки, солнечная радиация и другие – должны учитываться на всех этапах проектирования зданий, сооружений и застройки. Комфортные условия необходимы для проживания в закрытых помещениях и для пребывания человека на любой территории города, могут быть созданы только при учете архитектурно-климатических факторов.

По строительно-климатическому районированию Петрозаводск находится во втором климатическом районе со сложными фоновыми условиями, с холодным типом погоды, с закрытым эксплуатационным режимом. Такие условия требуют дополнительные затраты на защиту от ветра, снега, дождя, низких температур и недостатка солнечной радиации.

При проектировании приходится учитывать ориентацию на солнце, находить компактно-планировочное решение, иметь закрытые лестницы, шкафы для одежды, обеспечивать центральное отопление, вытяжку, воздухопроницаемость, теплозащиту.

При проектировании микрорайонов, жилых зданий и промышленных сооружений важно учитывать особенности рельефа, близость к Онежскому озеру. Важно сочетать промышленное проектирование и жилищное для лучшей аэрации территорий. Петрозаводск по планировке можно сравнить с пальчиковой планировкой Хельсинки. Но на сегодня можно наблюдать, как под застройку выделяют участки «зеленой зоны» Петрозаводска, и это отрицательно может сказаться на аэрации города.

### **Литература**

1. Демин О. Б. Физико-технические основы проектирования зданий и сооружений. Тамбов, 2003.
2. Климат Петрозаводска. Л., 1982. 216 с.
3. <http://www.roofers-union.ru>
4. <http://www.pogoda.ru>
5. <http://www.roofmaster.ru/krisha.shtml>
6. <http://www.sdelaemsami.ru>

# РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ «ОЗЕРА КАРЕЛИИ»

А. Л. Чухарев

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

## Введение

Экспертная система «Озера Карелии», созданная В. В. Меншуткиным (Институт экономико-математических исследований РАН, СПб) совместно с сотрудниками Института водных проблем Севера [4, 5], является инструментом оценки неизвестных характеристик озер по имеющимся данным и эмпирическим зависимостям, установленным ранее. Вторая функция системы – выявление озер по заранее заданным пользователем параметрам.

Первый прототип системы был создан с помощью высокоуровневого языка программирования Visual Basic 6.0 для операционной системы Windows. К сожалению, на текущий момент времени этот язык программирования уже не поддерживается фирмой-создателем (Microsoft). Вследствие этого в качестве одной из целей представляемой работы было обозначено портирование приложения на более новую и современную программную платформу.

Первый прототип системы использовал базу данных по озерам Карелии, ограниченную 24 озерами и 22 параметрами (гидрофизических, химических и биологических характеристик) озер. В последующих версиях база данных была расширена до 100 озер. В базе данных параметры озера могли принимать только три значения: «низкое», «среднее», «высокое». Такой принцип соответствует нечеткой логике [1], когда система оперирует не с точными значениями физических величин, а с их приблизительными оценками. В настоящее время существует необходимость использования расширенных баз данных и распространения данного подхода при обработке больших массивов данных. Например, в ИВПС КарНЦ РАН создана база данных по 225 наиболее изученным озерам Карелии [6].

В числе целей данной работы можно назвать:

1. Создать веб-версию приложения для внедрения ЭС и использования ее широким кругом специалистов для практических и научных целей. Веб-интерфейс для новой версии приложения был выбран вследствие более удобного обновления и сопровождения экспертной системы. Также учитывался тот факт, что при работе с экспертной системой посредством технологии WEB пользователю не требуется устанавливать на компьютер дополнительное программное обеспечение. Используемые языки программирования: php, python. При портировании приложения сохранить всю функциональность и используемую логику работы с данными.
2. Использовать СУБД MySQL для хранения и пополнения данных, собранных сотрудниками Института водных проблем Севера.
3. Предусмотреть в ЭС опцию работы с базами данных, в которых присутствуют неизвестные значения параметров.
4. Создать гибкий способ добавления и расширения баз данных в ЭС.

## Материалы и методы

При создании программного продукта работа осуществлялась только с информационными материалами. Единственным необходимым оборудованием являлся компьютер. В Институте водных проблем Севера был установлен специальный сервер, на котором осуществлялась разработка и тестирование ЭС. Технологии, которые обеспечивают его функционирование, сведены в табл. 1. Критериями выбора тех или иных средств были: первое – способность решить поставленную задачу, второе – открытость лицензии, т. е. возможность свободного использования.

В результате проведения исследования было разработано веб-приложение. Веб-сервер установлен на компьютере в Институте водных проблем Севера. В настоящее время доступ к нему возможен только из локальной сети Карельского научного центра РАН. Через Интернет данный сервис пока не доступен.

Экспертная система состоит из нескольких компонентов. Во-первых, это база данных, содержащая информацию об озерах Карелии. Вторым компонентом является вычислительный обработчик базы данных. В настоящее время большая часть программного кода написана на языке про-



граммирования Python. База данных создана на основе информации справочника «Озера Карелии». В базе данных содержатся различные (гидрологические, гидрохимические, морфологические, географические) характеристики озер. Среди параметров можно отметить: бассейн, географические координаты (условного центра озера), площадь водосбора, высота над уровнем моря, генезис котловины, наличие притоков, прозрачность, площадь озера, длина береговой линии, объем озера, длина озера, ширина озера, глубина озера, показатели водообмена, характеристики термического и ледового режимов, химический состав воды, а также сведения о видовом составе макрофитов, фитопланктона, зоопланктона, макрозообентоса, ихтиофауны. В электронном виде эти базы доступны в формате xls (Microsoft Excel), а также в формате, используемом СУБД MySQL.

Таблица 1

#### Используемые технологии

Категория	Название	Комментарий
Языки программирования	Python, php	Обе технологии распространяются под свободными лицензиями. Имеется возможность использовать как в коммерческих, так и в некоммерческих целях. Также следует отметить, что Python имеет развитую библиотеку функций для проведения научных исследований. Официальный сайт проекта Python: <a href="http://www.python.org">www.python.org</a>
СУБД	MySQL	Свободная лицензия. Официальный сайт проекта: <a href="http://www.mysql.com">www.mysql.com</a>
Веб-фреймворк	Django	Свободная лицензия. Официальный сайт проекта: <a href="http://www.djangoproject.com">www.djangoproject.com</a>
Веб-сервер	apache2	Наиболее распространенный на настоящий момент сервер. Свободная лицензия сайт
Операционная система	Debian GNU/Linux 6.0	Дистрибутив свободной системы Linux. Официальный сайт проекта <a href="http://www.debian.org">www.debian.org</a>

В исходном виде база данных содержит точные значения этих параметров (так называемая четкая логика). Однако для того чтобы экспертная система могла работать с этими параметрами, они должны быть приведены к нечеткому виду. Нечеткий вид (нечеткая логика) подразумевает замену точных значений некоторой величины на ее количественную оценку (в простейшем случае – «много» или «мало»).

Таблица 2

#### Описание значений нечеткой логики применительно к экспертной системе «Озера Карелии»

Значение	Комментарий
0	Информация о характеристике неизвестна (не была измерена)
1	Очень низкое значение
2	Низкое значение
3	Среднее значение
4	Высокое значение
5	Очень высокое

Нечеткое множество для этих баз данных было расширено до 6 значений по сравнению с 3 значениями первой версии экспертной системы. Каждому значению было присвоен числовой идентификатор (см. табл. 2).

Принципиально новым здесь является наличие в базе данных значения 0. Это позволяет использовать базы данных с недостающими (неизмеренными) параметрами. Для этого потребовалось некоторое усовершенствование логики работы ЭС. При попадании нуля ЭС не изменяет внутренний массив вероятностей и считает, что данная характеристика не связана с другими. Расширение же значений нечеткого множества до 5 не требует качественных изменений в вычислительном ядре экспертной системы.

Подобный подход (переход к нечеткой логике) позволяет применять к физическим величинам аппарат дискретной математики и вероятностные оценки для реконструкции недостающих данных. Естественно, у нечеткой логики есть и недостатки. К ним можно отнести невозможность обратного перехода (к точным значениям физических величин).

Степень зависимости между величинами оценивалась как значение условной вероятности для параметра А иметь уровень N1 при условии, что параметр В имеет уровень N2

Формула 1. Условная вероятность.

$$P(A = N1 | B = N2) = \frac{P(A = N1 \cap B = N2)}{P(B = N2)}$$

Далее, при анализе неизученных озер появляется возможность использовать имеющиеся условные вероятности для реконструкции неизвестных параметров озер по известным. Например, известно, что широта и долгота неизвестного озера равны 62° с. ш. и 31° в. д. соответственно. Если перевести эти значения в нечеткие множества, используемые в описываемой системе, то они будут

равны 2 и 2. По имеющимся условным вероятностям известно, что вероятность для глубины иметь определенное значение (при известных координатах озера) описывается следующими значениями (см. табл. 3).

Первая колонка в таблице содержит уровни нечеткой логики, характеризующие глубину озера. Причем 1 соответствует самой маленькой глубине, 5 – самой большой. Вторая колонка содержит условные вероятности того, что озеро будет иметь глубину  $Z$  при координате  $\phi$ , равной 2. Третья колонка содержит условные вероятности того, что озеро будет иметь глубину  $Z$  при координате  $\lambda$ , равной 2. И, наконец, последняя колонка содержит произведение предшествующих двух вероятностей (пресечение двух независимых условий).

Теперь следует нормировать итоговые вероятности на единицу, чтобы оценить распределение озер в данных широтах по глубине. Из этой нормировки мы можем оценить вероятность для озера иметь определенную глубину при вышеописанных условиях. Очевидно, что нам следует умножить каждую из вероятностей на такое число, чтобы их сумма была равна единице.

$$\sum_{i=1}^n P_i * X = 1$$

Отсюда получаем,

$$X = \frac{1}{0.0016 + 0.0032 + 0.0038 + 0.0060 + 0.0002} = 67.57$$

Теперь получим вероятности распределения озер по глубине, удовлетворяющие нашим условиям.

В качестве интерпретации результатов можно сказать следующее. Если мы рассматриваем неизвестное озеро с координатами 62 и 31, то наиболее вероятно (40%), что его глубина будет от 137,64 м до 181,62 м (такой интервал соответствует уровню 4 в нечеткой логике). Очень большая глубина – от 181,62 до 225,6 м – практически невозможна – вероятность встретить такую глубину равна 1,3%. Глубины от 5,7 до 49,68 м, а также от 49,68 до 93,66 м и от 93,66 до 137,64 м возможны, но довольно маловероятны (их вероятности колеблются от 10 до 25%). Описанный алгоритм используется в экспертной системе для реконструкции неизвестных характеристик озер. Конкретизируя условия, можно уточнять вероятности для неизвестных величин иметь определенный уровень.

Довольно интересным представляется имплементация в экспертной системе теоремы Байеса, позволяющей по имеющемуся факту события вычислить вероятность того, что оно было вызвано определенной причиной (переставить причину и следствие местами). Однако в рамках данной работы подобное исследование не проводилось.

### Результаты и обсуждение

По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что технологии экспертных систем являются применимыми в области лимнологии. В частности, подход с использованием нечеткой логики позволяет проводить анализ зависимостей между параметрами озер, не прибегая к их точным значениям. Говоря о базах данных, используемых в предлагаемой работе, нужно отметить, что они требуют некоторой фильтрации. Например, вследствие того, что определенные физические величины или параметры в базе данных не были измерены для большинства озер, представляется нужным не учитывать их в работе ЭС. Такие параметры не уменьшают степень неопределенности. Наоборот требуется оптимизировать работу ЭС с более известными параметрами. В качестве критерия отбора величин служит процент озер, в которых данная величина не измерена. Критическим уровнем было принято значение 0.9. То есть, если для 90% озер в базе данных не измерена данная величина, то такая величина не будет в дальнейшем учитываться ЭС. Такой подход позволяет оптимизировать работу приложения.

Таблица 3

**Посчитанные, исходя из доступных значений базы данных, условные вероятности, описывающие глубину озера в зависимости от координат**

Z	P (Z при $\phi = 2$ )	P (Z при $\lambda = 2$ )	P (Z)
1	0,08	0,02	0,0016
2	0,16	0,02	0,0032
3	0,13	0,03	0,0038
4	0,12	0,05	0,0060
5	0,01	0,02	0,0002

Таблица 4

**Вероятности для озера иметь определенную глубину, исходя из заданных условий**

Z	P(Z)
1	0,1080
2	0,2160
3	0,2560
4	0,4050
5	0,0130

Большинство параметров, на основе которых построена экспертная система, будут опубликованы в виде справочника «Озера Карелии». В табл. 5 приведена сравнительная характеристика двух способов публикации данных: традиционного – в виде бумажного справочника и инновационного – в виде информационного сервиса экспертной системы.

Таблица 5

**Сравнительная характеристика справочника «Озера Карелии» и web-сервиса «Озера Карелии»**

Характеристика	Справочник на бумажном носителе	Web-сервис
По способу обновления	В справочник на бумажном носителе изменения вносить сложно. Требуется публикация нового издания книги, содержащего исправления и дополнения	Исправления вносятся быстро и становятся доступными с момента изменения базы данных
По способу доступа к данным	Доступ к информации осложнен отсутствием автоматизированных средств поиска и обработки информации. Например, для поиска всех озер, глубина которых больше 50 м, потребуется вручную просмотреть весь справочник	Быстрый доступ к информации. Существует возможность поиска в базе данных по любым параметрам
По способу масштабирования	Распространение информации ограничено тиражом справочника	Распространения информации ограничено сетью Интернет
Дополнительные свойства	Нет	Функциональность экспертной системы

Говоря о функционале экспертной системы, в числе главных ее возможностей следует отметить оценку неизвестных параметров озер по известным. В основе прогнозирования лежат эмпирические закономерности, выявленные в результате анализа больших массивов информации. Подобные методики дают вероятностный результат. Однако, увеличивая количество озер, по которым производится анализ, можно повышать достоверность оценки.

### Заключение

В ходе проведения данной работы применены технологии экспертных систем. На примере конкретного озера были продемонстрированы результаты работы экспертной системы «Озера Карелии». Была показана работоспособность подхода использования нечеткой логики в предметной области, а также намечены возможные направления для дальнейших исследований.

В дальнейшем предполагается выполнить следующие усовершенствования ЭС для Веб-приложений:

1. Интеграция с геоинформационной системой (ГИС на платформе MapInfo). Система будет по запросу показывать на карте искомое озеро (озера или водосборы).
2. Создание все более «дружественного», простого для широкого круга специалистов пользовательского интерфейса.
3. Организация доступа к ЭС через Интернет.

### Литература

1. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию решений. М., 1976. 165 с.
2. Меншуткин В. В. Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция). Петрозаводск; СПб., 2010.
3. Меншуткин В. В., Китаев С. П., Филатов Н. Н., Чухарев А. В. Экспертная система «Озера Карелии».
3. Модельный подход к изучению сообществ рыб // Водные ресурсы. 2010 (в печати).
4. Меншуткин В. В., Филатов Н. Н., Потахин М. С. Разработка экспертной системы «Озера Карелии». Ч. 1. Порядковые и номинальные характеристики озер // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 2. С. 160–171.
5. Меншуткин В. В., Филатов Н. Н., Потахин М. С. Разработка экспертной системы «Озера Карелии». Ч. 2. Классификация озер // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 3. С. 300–311.
6. Озера Карелии. Гидрология, гидрохимия, биота: Справочник / Под ред. чл.-корр. РАН Н. Н. Филатова и к. б. н. В. И. Кухарева. Петрозаводск (в печати).

# INFLUENCE OF LANDSCAPE ANTHROPOGENIC CHANGES ON THE GREY PARTRIDGE POPULATION IN THE CZECH REPUBLIC. A REVIEW

V. A. Jandová, J. Svobodová

*Czech University of Life Sciences*

## Introduction

The grey partridge (*Perdix perdix*) is a game-bird widespread and common throughout a large range. This partridge breeds from the British Isles through most of Europe and Russia into the western Asia, then to Mongolia, and has been introduced widely into North America and New Zealand. The grey partridge used to be a common bird of agricultural areas throughout Europe but nowadays here, it is a rare bird [14]. Rapid and broad reduction of the suitable habitats for the species, caused by agriculture intensification, has resulted in a dramatic decline of the partridge in Europe [4, 38, 54, 56]. Since the thirties, European breeding stocks of the species have dropped by less than 80% [40]. Although the species was stable or increased in many eastern European countries during the period 1990–2000, it has continued to decline throughout most of western and central Europe, BirdLife International [6] drew attention towards this species. As a highly appreciated game bird the grey partridge is in the centre of attention and there are various studies and methods of the partridge population restoration. In this review we would like to analyze driving factors of the partridge population decline and suitable ways to restore the grey partridge population in the Czech Republic with evaluating effectiveness of restoration attempts taken in the country.

## Materials and methods

We've studied several publications on the problem of restoration and stabilization of the grey partridge populations in Europe with the higher attention to the attempts taken in the Czech Republic. Those publications were studied with the evaluation of the main factors of success and main negative factors that influenced these attempts in the Czech Republic. Also information about the main causes of the population changes was analyzed from these publications from a historical point of view, stressing the changes in agricultural landscape and techniques. Main methods used for the grey partridge management were evaluated in the review.

## Results and discussion

In the year 1899 in the Czech Republic, Moravia and Silesia 519 135 partridges were caught [24]. In the thirties of the last century in the territory of our country (former Czechoslovakia) were even more than two million partridges [31]. The Second World War couldn't be called a prosperous time for the partridge as birds were hunted due to famine [31]. Until the fifties of the last century the grey partridge was the main hunting species in the Czech Republic [51]. A dramatic decline in the number of partridges began from times of rural socialization in the fifties and continued in the sixties and seventies of the past century. The partridge population in the eighties in most places in our country has been totally torn apart [19, 54]. The present population of the partridge in our country amounts to 11.000–22.000 pairs in the country.

The partridge is present all the year round in lowlands, uplands, highlands, fields and pasture lands including mountain fields, suburban areas (ruderals) etc. in conditions of the so-called cultural steppes, in the environment created by humans for centuries [16]. The most suitable habitats for the partridge there are varied landscapes, with alternating smaller areas of fields with various crops, grasslands and complemented by sparse vegetation, shelterbelts, fencerows, small watercourses and field channels, old fields with undisturbed herbaceous cover, roadsides, farmsteads, field boundaries, grassy strips, weeds (e.g. [7, 12, 26, 39, 48]).

The grey partridge prefers open, low-intensity, mixed farmland [2], but in Western Europe it also occurs commonly in intensive cereal ecosystems [9, 45]. Habitats with weeds in particular provide seeds, which is a major component of partridges' diet year-round [20, 38]. It is also important to take into account, that less disturbed weeds with permanent cover tend to increase the number of insects [32], which are an essential food source for the partridge's chicks [17] and can maintain higher reproductive success of birds [52].

## AGRICULTURAL LAND MANAGEMENT CHANGES AS A CAUSE OF DECLINE

The size and dynamics of partridge populations in Central Europe are known to be tightly linked to the type and intensity of agricultural land use [58]. There is an empirical evidence for the negative correlation between biodiversity and farming intensity, which comes from spatial analyzes between areas differing in agricultural intensity [3, 57], and from time series, correlating biodiversity decline with increasing intensification [13, 47].

It is well established that patterns of farmland biodiversity depend on political and economic systems [4, 13, 18]. The beginning of the grey partridge's disastrous trend fall in the CR was in fifties of the 20th century. Changes connected with soviet methods of agriculture and collectivization had a negative impact on the game species on the agricultural land from the environmental point of view [21, 31, 54]. Intensification of agricultural production and changes in agricultural land management practices were main reasons for the partridge's population reduction in the Czech Republic. This was a particularly extensive land consolidation using a large association of field lines, draining wetlands and the changing of watercourses, use of harmful chemicals, use of efficient and faster automated equipment, vast tracts of monoculture etc. (e.g. [7, 12, 26, 39, 48]).

Ellenberg [15] and Mooij [27] point out a possible negative correlation of the grey partridge abundance with the amount of nitrogen fertilizer applied in agriculture. One of the most important factors influencing the negatively chick survival rate of the species in Europe was the increased pesticide use since 1950–1970s [39]. This could directly poison birds or indirectly affect a decrease of grey partridge chick food availability, because there are devastating effects on chicks dependent on insect food just after the hatching stage [14, 28, 55]. In England, a distinct influence of increased use of pesticides with the consequence of elevated chick mortality has been recorded [39, 40]. However, in Central European countries, habitat changes due to agricultural intensification and the abandonment of traditionally cattle-grazed pastures could play a more important role than management intensity and use of pesticides [4].

Game refugees and small fields ideal for the partridge were disappearing. Extensively grazed wastelands, which provided nesting cover and chick-rearing habitat for the grey partridge, were very attractive during the 1960s, but those became rare because of agricultural intensification and urbanization, and the majority of them have been left ungrazed and overgrown by dense shrubs and high trees [41, 54, 58]. These processes led to a progressive decrease in grey partridge populations in the Czech Republic, reaching a decline of approximately 95% between 1965 and the end of the 1980s [49, 54]. The increase in intensity of agriculture in the Czech Republic until 1990 was probably the general reason for farmland bird decline in the country, while there was an absence of set-aside land [43, 50]. The conditions of the Czech countryside, despite the optimistic expectations of early 90ies, had not improved much even after the change of the political regime in the conditions of the market economy [31, 50]. The intensity of agriculture was dropping steeply and remained quite low until 2003; while there was an influence by the habitat loss – fields were converted to meadows or even were afforestrated [43]. Reif et al. [43] found that populations of most farmland species declined until 1987 and again after 1993, as there was probably not enough time for bird population recovery.

The grey partridge, as a species closely associated with farmland habitat [44], can suffer not only from the reduction of the total area of arable land, but also from agricultural intensification on remaining areas [4] and these factors contribute to strong negative population trends [44]. The main causes still continue to threaten the partridge population's existence, in the last decades the population of the partridge in the Czech Republic was decreasing mainly due to the unification of agriculture fields [46, 51]. Among modern management practices that have negative impact are the mowing of forage during the breeding season, plowing of crops before winter, extensive monocultures and the use of chemicals (fertilizers and pesticides) [51].

Generally farmland heterogeneity is known to be a key factor in the maintenance of farmland biodiversity [5, 57]. The loss of structural diversity in open agricultural landscapes represents a key factor with the partridge abundance being linked to the frequency of hedges, field margins, and forest and shrub islands in the landscape mosaic [16, 22, 27, 34, 41, 42]. Panek [33] emphasizes on the elevated hatchling mortality for Polish populations in the context of decreasing structural heterogeneity in the landscape which he linked to decreases in insect abundance. However, in Hungary an expectation that after privatization of farmland will increase landscape heterogeneity and game populations failed [4]. Similarly Bro et al. [9] also found a lack of increase in partridge population after increasing spatial heterogeneity with a strip creation scheme.

## PREDATION AS A CAUSE OF DECLINE

Predation was claimed as the main factor of population decline after 1970's in Europe [14]. It was the main mortality factor during breeding season in researches in France (70% of losses; [8]) and Poland [34]. There is a strong influence on the survival of the partridges from high levels of predators, especially foxes, martens and wild boars and uncontrollable spread of some non-native predators and freely walking dogs and cats [31, 39]. In the Czech Republic predation pressure on partridges is a result of legislative protection of predators, their nationwide vaccination, improving of the conditions for the existence of predators. Growing of poplars in tree lines and isolated game refuges are ideal conditions for avian and small carnivore predators and also can become ecological traps for partridges, however, control of predators is lacking [31]. According to Potts & Aebisher [40] reduced predation control may explain the higher predation rates. Partridge predation rates are naturally high throughout the year and availability of cover is a key factor for the partridge survival [1, 36, 39]. However, winter losses are among the biggest problems of partridge management as the adult predation rates are high in winter [36]. When the partridges pair up in the late winter and early spring, they are particularly vulnerable to attacks from birds of prey [10], but also food is often hidden deep under the snow and for the partridge is difficult to find [36].

## REINTRODUCTION ATTEMPTS IN THE CZECH REPUBLIC

In the Czech Republic attempts were made to reintroduce captive partridges for the stabilization of wild populations, using the above mentioned methods, mostly by individuals or small groups [23, 30, 31, 46]. Such strengthening of populations is done with the captive rearing and keeping in pens. However, the benefit of this approach is seriously reduced by a relatively low survival rate of the reintroduced individuals [37, 46]. In most cases (see table 1), there are no records about the success of reintroductions; those recorded are without further monitoring.

### Examples of reintroduction attempts in the Czech Republic with success evaluation

Reintroduction attempts	Year(s) of release(s)	Number of partridges (p) released	Success Evaluation	Positive factors	Negative factors (or problems faced)
Local hunting ground of VaFU [31]	80's	X	<b>Lacking monitoring.</b> Birds expanded into the nearby hunting grounds	X	Loss of public interest
MS Mořkov [31]	90's	X	X	X	Programme was closed because of Staphylococcal infection
Programme in Nový Jičín «Stabilization of the g.p. population on Fulnek and surroundings» [31]	From 1997 – 1st programme From 2006 – 2nd program (planned for 10 years)	1998-47 1999-100  2000-50  2001-50 2002-50 2003-8 2004-30 2005-60 2006-50 2007-32	<b>Successful</b>  1st programme: local dispersed population turned into patchy pattern population	Improving of landscape  Predator-control  Cooperation with local authorities and 10 hunting grounds Training events	X
Stodůlky (Prague) [37]	1999	10	<b>Failed.</b> Monitored with telemetry; all were depredated	Birds were in acclimatization aviary before the release; monitored	Predation was the main cause of mortality
Žďársko (Milešín) [23]	2000	27	X	Methods to avoid inbreeding, marked before release	No information on monitoring
Librantice [29]	2007	15 pairs	<b>Lacking monitoring.</b> Released population is observed in hunting grounds	Birds marked before release, released into bio-corridors	No information on monitoring

Note. X – no information available in the publications reviewed.

## IMPROVING FARMLAND HABITAT

The habitat changes resulting from modern agricultural use have apparently resulted in an altered preference of land use types, even though the preferred vegetation types of the partridge remained the same. A number of authors have stressed that a high diversity of habitat types in the agricultural landscape and the existence of small patchy structure may promote high densities of the grey partridge [16, 22, 35, 42].

Agricultural intensification has resulted in an overall increase in vegetation density, but also has led to a scarcity of the herbaceous field flora and arthropod fauna due to improved weed control methods, and an accompanying increase in chick mortality [39, 40]. The abundance of invertebrate food is particularly important for chick survival and reproductive success [25, 32, 39], and establishing ecologically enhanced areas in intensively cultivated regions improves the availability of suitable nesting habitat and food resources [8, 28, 35]. Wubbenhorst [58] has shown that the reproductive rates of the birds breeding in the appropriate residual habitat islands and survival rates of their chicks can be relatively high even if the regional population density is low, the partridge sought refugees in fallows and field islands and could become independent of the insect abundance in the grain fields.

Buner & Schaub [10] have observed that released partridges preferred the parts with the highest density of ecologically enhanced areas and providing a mosaic of wild-flower strips and hedges was the crucial ecological improvement that restored the area to allow the released birds to survive and reproduce. That's why farmlands should be prepared for re-colonization by partridges by providing such landscape structures [31, 41] and those are the first-rate measure of preparing the re-introduction of the species [10].

### Conclusion

The partridge population in the Czech Republic is endangered, and without our support, its future is uncertain. A number of factors have contributed to the dramatic decline in the grey partridge population from the 50's of the 20th century, including agricultural intensification with the introduction of pesticides and herbicides and, which are also modern-day farming practices, resulting in a loss of important food for young partridges as well as a habitat loss [4, 54]. The key mortality factors of partridges in the wild are poor food supply during the year, the loss of shelters and safe places for nesting [52]. Those are also supported by a lack of interest in the species by game managers and predator control. It is important to note that the effect among these factors are often aggregated or even multiplied.

However, nowadays the interest in reintroduction of the species is growing in the Czech Republic. It is also supported by the fact that the partridges are easy to take care of in the wild because they have small nesting territories [53] and stay near the place they were born or released. Partridge breeding is relatively inexpensive, easy to reproduce thanks to game managers, who have experience in breeding, releasing, pen-rearing, winter feeding and protecting the natural environment in our country.

Reintroduction attempts, done in our country, show that a successful reintroduction programme should not only consist of the releasing event, but should be supported by appropriate preparation of the environment, by winter feeding and control of the territories, where the partridges were released. Providing a mosaic landscape, which was planned, taking into account the needs of the species, is an important ecological improvement that proves the survival of the released birds. For this reason farmlands should be prepared for re-colonization by partridges by providing such landscape structures. The lack of monitoring of the released population could make difficulties with evaluation of such programmes of reintroduction and stabilization of wild populations.

### References

1. Aebischer N. J. Game birds: management of the grey partridge in Britain, Conservation and the Use of Wildlife Resources // Conservation Biology Series, Chapman & Hall, University press, Cambridge, UK, 1997. P. 131–151.
2. Aebischer N. J., Kavanagh B. Grey partridge // W. J. M. Hagemeijer, M. J. Blair (Eds.). The EBCC atlas of European Breeding Birds. Their distribution and abundance. Poyser. Great Britain. 1997. P. 212–213.
3. Báldi A., Batary P., Erdos S. Effects of grazing intensity on bird assemblages and populations of Hungarian grasslands // Agric. Ecosyst. Environ. 2005. 108. P. 251–263.
4. Báldi A., Faragó S. Long-term changes of farmland game populations in a post-socialist country (Hungary) // Agric Ecosyst Environ. 2007. 118. P. 307–311.



5. Benton T. G., Vickery J. A., Wilson J. D. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? // *Trends Ecol. Evol.* 2003. 18. P. 182–188.
6. Birdlife international. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status // BirdLife International (BirdLife Conservation Series n°12). UK. 2004. 374 p.
7. Blank T. H., Southwood T. R. E., Cross D. J. The ecology of the grey partridge. Outline of population processes with particular reference to chick mortality and nest density // *Journal Anim. Ecol.* 1967. 36. P. 549–556.
8. Bro E., Sarrazin F., Clobert J. J., Reitz F. Demography and the decline of the grey partridge *Perdix perdix* in France // *Journal of Applied Ecology*. 2000. 37. P. 432–448.
9. Bro E., Deldalle B., Massot M. et al. Density dependence of the reproductive success in the grey partridge *Perdix perdix* population in France: management implications // *Wildlife Biology*. 2003. 9. P. 93–102.
10. Buner F., Schaub M. How do different releasing techniques affect the survival of reintroduced grey partridges *Perdix perdix*? // *Wildl. Biol.* 2008. 14. P. 26–35.
11. Church K. E. Survival and nesting biology of translocated grey partridge (*Perdix perdix*) in New York State, U.S.A. // *GibierFaune Sauvage*. 1993. 10. P. 281–291.
12. Church K. E., Porter W. F. Winter and spring habitat use by gray partridge in New York // *Journal Wildlife Management*. 1990. 54. P. 653–657.
13. Donald P. F., Green R. E., Heath M. F. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations // *Proc. R. Soc. Lond.* 2001. B 268. P. 25–29.
14. Dries P., Kuipej J., Oosterveld E. W. Decline and potential recovery of the European grey partridge (*Perdix perdix*) population – a review // *European Journal Wildl Res.* 2009. 55. P. 455–463.
15. Ellenberg H. Gefährdung wildlebender Pflanzenarten in der Bundesrepublik Deutschland, Versuch einer ökologischen Betrachtung // *Forstarchiv*. 1983. 54. S. 127–133.
16. Glänzer U., Havelka P., Thieme K. Rebhuhn-Forschung in Baden-Württemberg mit Schwerpunkt im Strohgäu bei Ludwigsburg – Veröffentlichungen zu Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, Beiheft 70: 1993. 108 p.
17. Green R. E. The feeding ecology and survival of partridge chicks (*Alectoris rufa* and *Perdix perdix*) on arable farmland in East Anglia // *J. Appl. Ecol.* 1984. 21. P. 1–30.
18. Gregory R. D., Van Strien A., Vorisek P. et al. Developing indicators for European birds // *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2005. 360. P. 269–288.
19. Hudec K., Šťastný K. et al. Fauna ČR ptáci 2/I. Academia. 2005.
20. Janda J. Tělesná váha a míry některých ústrojů dospělé koroptve polní, *Perdix perdix* L. // *Zoologické listy*. 1958. 7 (1). P. 57–63.
21. Jurčák M. Úprava krajiny za účelem podpory ohroženého druhu – koroptve polní Krajský úřad, odbor životního prostředí a zemědělství // *Myslivecká konference. Zlepšování životních podmínek drobné zvěře v Moravskoslezském kraji. Sb. ref.* 2007. S. 7–15.
22. Kaiser W. Grey partridge (*Perdix perdix*) survival in relation to habitat quality // *Gibier Faune Sauvage*. 1998. 15. S. 157–162.
23. Kasina J. Úprava krajiny nejen pro koroptve polní // *Myslivost*. 2002. 10. S. 20–21.
24. Králíček L. Populace koroptve polní – hlavní příčiny stávajícího stavu // *Myslivost*. 2007. 9. S. 6.
25. Liukkonen-Attila T., Uimaniemi L., Orell M., Lumme J. Mitochondrial DNA variation and the phylogeography of the grey partridge (*Perdix perdix*) in Europe: from Pleistocene history to present day populations // *Journal of Evolutionary Biology*. 2002. 15. P. 971–982.
26. Merrigi A., Saino N., Montagna D., Zacchetti D. Influence of habitat on density and breeding success of grey and red-legged partridges // *Italian Journal of Zoology*. 1991. Vol. 59, Issue 3. P. 289–295.
27. Mooij J. H. Zum Einfluss von Biotopeignung und Prädatoren auf die Bestände einiger Niederwildarten // *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*. 1998. 23. P. 161–178.
28. Moreby S. J., Aebischer N. J., Southway S. E., Sotherton N. W. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter-wheat in Southern England // *Ann. Appl. Biol.* 1994. 125. P. 13–27.
29. Ms Habřina. Aktuality 2008. <http://mujweb.cz/www/ms.librantice/akt2008.htm>. citováno: 20.9.2010.
30. Neuman S. Plán opatření a koncepce podpory ohroženého druhu koroptve polní (*Perdix perdix*) v honitbě LUKA Předměřice. 2008.
31. Otáhal I. Péče o koroptve polní na Novojičínsku // *Myslivost*. 2010. 5. S. 8.
32. Panek M. The effect of agricultural landscape structure on food resources and survival of grey partridge chicks in Poland // *Journal of applied ecology*. 1997. 34. P. 787–792.
33. Panek M. Use of call counts for estimating spring density of the grey partridge *Perdix perdix* // *Acta Ornithologica*. 1998. 33. P. 143–148.
34. Panek M. Space use, nesting sites and breeding success of Grey Partridge (*Perdix perdix*) in two agricultural management systems in western Poland // *Game and Wildlife Science*. 2002. 19. P. 313–326.

35. Panek M., Kamieniarz R. Agricultural landscape structure and density of grey partridge (*Perdix perdix*) populations in Poland // *Gibier Faune Sauvage*. 1998. 15. P. 309–320.
36. Pegel M. Das Rebhuhn *Perdix Perdix* Im Beziehungsgefuge Seiner Um- und Mitweltfaktoren. Schriften des Arbeitskreises fur Wildbiologie und Jagdwissenschaft an der Justus-Liebig-Universitat Giessen H.18 Enke, Stuttgart, 1987 (in German).
37. Pintř J., Šálek M., Marhoul P. 2000. Analýza predačního tlaku na divokou a uměle odchovanou populaci koroptve polní (*Perdix perdix*) v pokusné lokalitě Praha // *Stodůlky. Sborn. ref. Predátoři v myslivosti*. 2000. Hranice 1–2.9.2000. S. 156–161.
38. Potts G. R. The effects of modern agriculture, nest predation and game management on the population ecology of partridges // *Advances in Ecological Research*. 1980. 11. P. 1–82.
39. Potts G. R. The partridge: pesticides, predation and conservation. Collinns, London, 1986.
40. Potts G. R., Aebischer N. J. Population dynamics of the Grey Partridge *Perdix perdix* 1793–1993: monitoring, modelling and management. 1994. 137. P. 29–37.
41. Rands M. R. W. Effect of hedgerow characteristics on partridge breeding densities // *J. Appl. Ecol.* 1986. 23. P. 479–487.
42. Ranoux F. Models to predict grey (*Perdix perdix*) and red-legged (*Alectoris rufa*) partridge spring densities in the Massif Central // *Gibier Faune Sauvage*. 1998. 15. P. 339–354.
43. Reif J., Storch D., Voříšek P. et al. Agricultural intensification and farmland birds: new insights from a central European country // *J. Appl. Ecol.* 2008. 150. P. 569–605.
44. Reif J., Storch D., Voříšek P. et al. Bird-habitat associations predict population trends in central European forest and farmland birds // *Biodiversity and Conservation*. 2008. 17. P. 3307–3319.
45. Reitz F. Adult survival and reproductive success in abundant populations of grey partridge in North-Central France // *G. Faun. Sauvage*. 1992. 9. P. 313–324.
46. Řezáč J., Strnad L. Záchrana koroptve polní pomocí rodičovských párů // *Myslivost*. 2000. 3. P. 26–27.
47. Robinson R. A., Sutherland W. J. Post-war changes in arable fading and biodiversity in Great Britain // *J. Appl. Ecol.* 2002. 39. P. 157–176.
48. Smith L. M., Hupp J. W., Ratti J. T. Habitat use and home range of gray partridge in eastern South Dakota // *Journal Wildlife Management*. 1982. 46. P. 580–587.
49. Šťastný K., Bejček V., Hudec K. Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice 1985–1989. H&H, Jinočany. 1997.
50. Šťastný K., Bejček V., Voříšek P., Flousek J. Populační trendy ptáků lesní a zemědělské krajiny v České republice v letech 1982–2001 a jejich využití jako indikátorů // *Sylvia*. 2004. 40. S. 27–48.
51. Šťastný K., Bejček V., Hudec K. Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice 2001–2003. Aventinum, Praha, 2006.
52. Šálek M., Marhoul P. Sezónní dynamika a příčiny ztrát koroptve polní (*Perdix perdix*): výsledky sčítání a telemetrického sledování v letech 1997–1999 // *Sylvia*. 1999. 35. S. 55–67.
53. Šálek M., Marhoul P., Pintř J. Rychlost párování, poměr pohlaví a věková struktura pražské populace koroptve polní (*Perdix perdix*) během února 2000–2002 // *Sylvia*. 2002. 38. S. 29–40.
54. Šálek M., Marhoul P., Pintř J. et al. Importance of unmanaged wasteland patches for the grey partridge *Perdix perdix* in suburban habitats // *Acta Oecologica*. 2004. 25. P. 23–33.
55. Taylor R. L., Maxwell B. D., Boik R. J. Indirect effect of herbicides on bird food resources and beneficial arthropods // *Agric. Ecosyst. Environ.* 2006. 116. P. 157–164.
56. Tucker G. M., Heath M. F. (Eds.). *Birds in Europe: their conservation status*. Cambridge, 1994.
57. Verhulst J., Báldi A., Kleijn D. The relation between land-use intensity and species richness and abundance of birds in Hungary // *Agric. Ecosyst. Environ.* 2004. 104. P. 465–473.
58. Wubbenhorst D., Leuschner Ch. Vegetation structure at the breeding sites of the partridge in Central Europe and its possible importance for population density // *Polish journal of ecology*. 2006. 54. P. 57–67.
59. Zablouil F., Vala Z. Bažant a koroptev, jejich životní potřeby v současnosti // *Myslivost*. 2008. 11. S. 36.

## ТЕЗИСЫ

М. А. Абдуев

*Институт Географии НАНА*

### МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ИОННОГО СТОКА РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА

Для изучения направленности процессов изменения гидрохимического режима и ионного стока рек был выбран период 1950–2008 гг. Для анализа изменения гидрохимического режима и ионного стока рек за указанный период были отобраны 39 пунктов с периодом наблюдения, составляющим 25–40 лет. Значительно большие внутригодовые изменения концентрации могут наблюдаться для  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ , а также для  $\text{SO}_4^{2-}$  на реках, испытывающих влияние антропогенного воздействия. Минимальная минерализация воды и концентрация большинства главных ионов воды рек Азербайджана обычно наблюдается в мае – июне, в период прохождения пика половодья, причем наиболее резко этот минимум выражен для рек Большого Кавказа. Необходимо отметить, что для этих рек концентрация большинства главных ионов на подъеме половодья больше, чем на спаде. Максимальные концентрации ионов на большей части азербайджанских рек приурочены к летней и осенне-зимней межени. Для большинства рек республики наблюдаются тесные обратные связи концентраций  $\text{HCO}_3^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и минерализации с расходами воды. Характер и теснота связей  $C = f(Q)$  для  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  отличаются сильной изменчивостью. Для рек Большого и Малого Кавказа максимальный вынос ионов наблюдается в апреле (более 15% от годового стока) и мае (20%), а минимальный – в августе – сентябре (5%). Для рек Ленкоранской природной области наибольший сток главных ионов приурочен к ноябрю – декабрю (более 30%), минимальный сток наблюдается в июне – июле (5,5%). Гидрохимический режим главных ионов исследуемых рек можно считать ненарушенным только до середины – конца 1950-х годов. В настоящее время при оценке антропогенного воздействия нужно пользоваться данными продолжительностью не менее 45–50 лет. Анализ минерализации рек Азербайджана показал, что в большинстве рек наблюдается положительный тренд. Слабый отрицательный тренд отмечается на реках Ахоччай, Гирдыманчай, Кюракчай, Тертерчай и Акерачай.

M. A. Abduev

*Institute of Geography*

### PERENNIAL CHANGING OF THE ION FLOW OF AZERBAIJAN RIVERS AND HYDROCHEMICAL REGIME

Hydro chemical have been elected attendance of the 1950–2008 cis observations 25–40 with 39 points reaching the purpose of to learn changing of the regime and ion flow in the years during. Concentration of the ions of  $\text{Cl}$ ,  $\text{Na} + \text{K}$ ,  $\text{SO}_4$  suffers to more great change in the rivers undergone to anthropogenic influence during years. It is usually observed of the water minimum mineral in the brisk time, months of the May. Concentration of the majority of the basic ions especially brisk in the rivers of the Big Caucasus in the time of to rise, it are not enough from time of to go down. Maximum concentration of the ions summer and autumn, winter is observed in the time of water lack.  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$  and ion press stubborn proportionality and there is with ions in the majority of the rivers among water expenditure. Character of the connection between water expenditure is been define with ions of  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$  and  $\text{Na} + \text{K}$  with/by more changes. Great and but flow of maximum ion minimum in august – september (5% of the annual flow) is observed in rivers of the Small Caucasus in the April-May months (15–20%-i of the annual flow). But spend flow of maximum ion in november, december many from (30%) in the rivers of Lankaran natural province minimum June (5,5%). Investigation will be able to consider hydro chemical regime of the basic ions only till end of the 50th years which was/were not disturbed in the rivers been. It is using from rows been of 45–50 years more expedient the attendance for to determine influence of the

anthropogenic activities at present. Analysis mineral shows that trend is positive in the majority of the rivers. Weak negative trend Akhokh river, in Girdiman river, Kurak river, Tartar river and Hakari river are observed.

**А. А. Абрамова<sup>1</sup>, Е. Л. Мархасева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

**ЗООПЛАНКТОН ФЬОРДА НЕЛЛА (ЗАЛИВ ПРЮДС, АНТАРКТИДА) С ОТДЕЛЬНЫМ  
МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ АНАЛИЗОМ ПОПУЛЯЦИИ *OITHONA SIMILIS*  
(COPEPODA, CYCLOPOIDA)**

В 2006–2007 гг. водолазной экспедицией Зоологического института РАН впервые были собраны коллекции морских беспозвоночных в мелководном (с глубинами от 4 до 42 м) фьорде Нелла залива Прюдс (восточная Антарктида). В ходе обработки проб планктона обнаружено 18 таксонов разного ранга, относящихся к Cnidaria, Annelida, Arthropoda, Echinodermata и Chaetognatha. Фауна Copepoda во фьорде Нелла не отличается большим разнообразием и представлена следующими видами: *Calanoides acutus*, *Metridia gerlachei*, *Paralabidocera antarctica*, *Stephos longipes*, *Ctenocalanus citer*, *Oithona similis*, *Oncaea* sp., в том числе рачками из отряда Harpacticoida. В зависимости от биологии развития и пищевой стратегии антарктических копепод можно разделить три группы: 1) растительноядные виды с коротким активным периодом в жизненном цикле и с хорошо выраженной диапаузой; 2) всеядные копеподы с растянутым периодом размножения и отсутствием диапаузы; 3) виды, связанные в своем развитии со льдом, где происходит развитие особей до определенной стадии, основным источником питания для этих видов служит ледовая флора.

Самыми широко распространенными и многочисленными являются две мелкие копеподы *Oithona similis* и *Oncaea* sp. Ареал *O. similis* можно считать едва ли не одним из самых широких не только среди копепод, но вообще среди планктонных организмов. Имеются основания полагать, что *O. similis* – не монотипический вид, а политипический, объединяющий если и не отдельные виды, то подвиды или внутривидовые формы и группы (Шувалов, 1972). Важным фактором, определяющим размеры тела, служит специфическое сочетание океанологических факторов каждой конкретной акватории, особенно велико значение температурных условий. Был выполнен сравнительный морфометрический анализ половозрелых самок из разных ареалов обитания *O. similis*. Полученные результаты по вариациям длины тела и кривизны головного конца позволяют сделать вывод об отсутствии статистически достоверных различий между арктической популяцией из моря Лаптевых и антарктической из залива Прюдс.

**A. A. Abramova<sup>1</sup>, E. L. Markhaseva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> St. Petersburg State University

<sup>2</sup> Zoological Institute of RAS, St. Petersburg

**ZOOPLANKTON OF NELL FIORD (PRYDZ BAY, ANTARCTIC) AND MORPHOMETRIC  
ANALYSIS OF *OITHONA SIMILIS* (COPEPODA, CYCLOPOIDA) POPULATION**

In 2006–2007 during frogman expedition of Zoological institute of RAS first collections of marine invertebrates were made in the shallow (4–42 m depth) Nell fiord of Prydz Bay (eastern Antarctic). A total 18 taxa belonged to different phyla: Cnidaria, Annelida, Arthropoda, Echinodermata and Chaetognatha were identified during samples processing. The Copepoda species composition is not very rich in the Nell fiord and mostly consist of *Calanoides acutus*, *Metridia gerlachei*, *Paralabidocera antarctica*, *Stephos longipes*, *Ctenocalanus citer*, *Oithona similis*, *Oncaea* sp., and several representatives of Harpacticoida. Depending on features of life cycle and food strategy Antarctic copepods can be divided into three groups: 1) herbivorous species with short period of activity and with diapause stages in there development; 2) omnivorous species with long reproduction period and without diapause in life cycles; 3) species connected with ice cover in there development and used the ice flora as a food resources.

Small copepods *Oithona similis* and *Onceae* sp. are the most widespread and abundant in the region of investigations. The areal of *O. similis* distribution is one of the largest among all zooplankton organisms on our planet. There is opinion that *O. similis* is not a monotypic, but polytypic species, included whether different species or subspecies and intraspecific groups. Body size of *O. similis* may vary noticeable depending on hydrological characteristics of water masses, especially of temperature variations, in the distribution areas (Shuvalov, 1972). Comparative morphometric analysis of *O. similis* adult females from different regions didn't allow us to make similar conclusions. We didn't find some statistically reliable differences in the body length and bend of anterior part of prosoma variations between populations of this species from Arctic (Laptev Sea) and Antarctic (Prydz Bay).

**И. А. Авилкин, Б. И. Самолюбов, И. Н. Иванова**

*Московский государственный университет*

### **ВИХРЕВОЛНОВОЙ ЭНЕРГООБМЕН В СИСТЕМЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА**

Распространение примесей в озерах и водохранилищах в значительной степени определяется транспортирующей способностью систем стратифицированных течений [1, 2]. Такие системы включают придонные, струйные, дрейфовые и другие потоки, взаимодействующие между собой. Снижение устойчивости придонного течения может приводить к эмиссии вихреобразований в вышележащие воды. Такое явление, сопровождавшееся периодическими усилениями струи, распространявшейся в термоклин, наблюдалось нами в Петрозаводской губе. Исследования выполнялись с применением профилографа скорости RDCP-600 на срочной станции 19.08.2008. Цели работы: 1) выявление механизмов энерго- и массообмена; 2) разработка методики теоретического описания течений и переноса примесей.

Основные результаты сводятся к следующему. 1. Выделены главные этапы индуцированного внутренней волной энергообмена придонного потока с промежуточной струей. 2. Предложена гипотеза о вихреволновом переносе импульса из придонного потока и получены зависимости характеристик возмущений скорости от устойчивости течений, высоты придонного потока и параметров внутренней волны. 3. Теоретическое распределение скорости течения, включающее осредненный профиль скорости и профиль ее возмущений, согласуется с данными измерений, что подтверждает гипотезу о вихреволновом механизме зарегистрированного процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 08-05-00574).

Литература:

1. Самолюбов Б. И. Взаимодействие между потоками в системах течений со стратифицированными струями // Междунар. конф. «Потоки и структуры в жидкостях» (Москва, 24–27 июня 2007 г.). Ч. 2. М., 2009. С. 173–177.

2. Филатов Н. Н. Динамика озер. Л., 1983.

**I. A. Avilkin, B. I. Samolyubov, I. N. Ivanova**

*Moscow State University*

### **TRANSPORT OF SUSPENDED AND DILUTED ADMIXTURES IN SISTEMS OF STRATIFIED CURRENTS IN THE PETROZAVODSK BAY OF ONEGA LAKE**

Propagation of suspended sediments and diluted salts in lakes and reservoirs is to a large extent determined by transport ability of systems of stratified currents. By the elaboration of methods of forecast of the distribution of admixtures in water basins it's necessary to take into account the role of such systems with near-bottom, jet, drift and other currents interacting with each other. We discovered such a phenomena when analyzed the development of systems of stratified currents in Petrozavodsk bay. This process was followed by the emission of turbidity clouds from the near-bottom current into the upper water

layers with simultaneous accelerations of the jet. The detailed structural investigations were performed using current profiler RDCP-600 in 08.19.2008 at the crossings and temporal stations. The purposes of this work are the following: 1) the revelation of mechanisms of energy- and mass transfer in the systems including near-bottom; 2) the elaboration of the methodic of theoretical description of the systems of currents and of the transfer of admixtures.

Essential results. 1. There were selected the main stages of energy exchange (induced by internal wave) between near-bottom current and intermediate jet. 2. There were proposed the hypothesis about the vortex-wave transfer of pulse from the near-bottom flow in the system of currents. The dependences of current velocity disturbances from the stability of current, near-bottom flow height and from the parameters of the internal wave were revealed. 3. The theoretical current velocity distribution including averaged profile of current and the profile of current disturbances is in agreement with data of measurements in Petrozavodsk bay of Onega Lake. It confirms the hypothesis about the vortex-wave mechanism of the discovered process.

This work was supported by RFBR (project 8-05-00574).

**М. О. Алексеева, Е. О. Графова, Р. И. Аюкаев**

*Петрозаводский государственный университет*

### **К ВЫБОРУ МЕТОДА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕХА АНОДИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Петрозаводское предприятие «Инженерный центр пожарной робототехники» является инновационным предприятием по разработке и производству пожарных роботов и ствольной пожарной техники. При разработке пожарной техники необходимо использование легких и высокостойких антикоррозионных материалов из-за постоянного контакта с агрессивными средами, вызывающими быструю изнашиваемость деталей. Легкие алюминиевые сплавы не обладают должными антикоррозионными свойствами, для повышения их устойчивости к агрессивным пенообразователям и морской воде детали анодируют. В связи с этим на базе завода пожарных роботов и ствольной техники ИЦПР «ЭФЭР» создан и функционирует цех анодирования. Технология анодирования разработана д. ф.-м. н., профессором Н. М. Яковлевой (Петрозаводск). Авторами статьи разработана технология и проект локальной очистки производственных стоков от цеха анодирования.

Технология основного производства включает в себя: отмывку деталей от масляного покрытия моющим средством «Ecolclin-AL», щелочное травление образцов в смеси из 3% раствора едкого натра NaOH, тринатрийфосфата (температура 40–50 °C,  $t = 30\text{--}60$  с), промывку в проточной теплой и холодной водопроводной воде, обработку в 15–20% растворе азотной кислоты для удаления с поверхности деталей шлама, промывку в проточной холодной водой из городского водопровода, анодирование детали в 15% растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при  $2\text{А/дм}^2$ , электрохимическое окрашивание в растворе  $2\% \text{CuSO}_4 + 2\% \text{MgSO}_4 + 0,6\% \text{H}_2\text{SO}_4$  переменным током с последующей тщательной промывкой, закрепление окрашивающих пигментов в порах оксида, увеличение светостойкости и коррозионной стойкости пленок за счет обработки окрашенных изделий горячей дистиллированной водой в течение 30 минут.

Производственные сточные воды образуются от мойки деталей от масла, от промывки деталей после ванны с азотной кислотой, после ванны с серной кислотой, после ванны с медным купоросом, сернокислым магнием и серной кислотой.

Кафедрой ВВГ ПетрГУ был проведен комплекс расчетов по объему образующихся загрязнений, определена концентрация загрязнений, кислотность образующегося стока. Разработаны очистные сооружения, в состав которых входит устройство флотационного сбора масла с поверхности промывочной ванны, устройство флотационного сбора шлама со дна щелочной ванны и флотационное удаление шлама со дна азотной ванны.

Нейтрализация стоков с избытком серной и азотной кислот происходит фильтрацией через мраморную крошку с образованием нерастворимого осадка (гипса)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

**M. O. Alekseyeva, E. O. Grafova, R. I. Ajukaev**

*Petrozavodsk State University*

## **TO THE CHOICE OF THE SEWAGE TREATMENT METHOD OF ANODIZING BLOCK FROM ALUMINIUM ALLOYS**

The Petrozavodsk enterprise «Engineering centre of a fire robotics» is the innovative enterprise for working out and manufacture of fire robots and fire trunks. By working out of fire technics use of easy and highly proof anticorrosive materials because of constant contact to the excited environments, causing fast wearability of details is necessary. Easy aluminium alloys do not possess due anticorrosive properties, for increase of their stability to aggressive foam makers and sea water of a detail anodize. In this connection on the basis of factory of fire robots and ствольной technicians of ITSPR FR it is created and the anodizing block functions. The technology of anodizing is developed professor N. M. Jakovleva (Petrozavodsk). Authors of article develop technology and the project of industrial local sewage treatment from anodizing block.

The technology of the basic manufacture includes: processing of details from a buttered covering a washing-up liquid «Ecolclin-AL», alkaline etching of samples in a mix from 3% of a solution of caustic sodium NaOH, three sodium phosphate (temperature 40–50 °C, t = 30–60 c), washing in flowing warm and cold tap water, processing in 15–20% a solution of nitric acid for removal from a surface of details deposits, washing in flowing cold water from a city waterpipe, detail anodizing in 15% solution H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at 2A/dm<sup>2</sup>, electrochemical colouring in a solution of % MgSO<sub>4</sub> of + 0,6% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> of 2% CuSO<sub>4</sub> + 2 an alternating current with the subsequent careful washing, fastening of painting pigments in a metals pores, increase in light resistance and corrosion firmness of films at the expense of the painted products processing by the hot distilled water within 30 minutes.

Industrial sewage formed from oil sink of details, from washing of details after a bath with nitric acid, after a bath with sulfuric acid, after a bath with copper vitriol, sulfuric sour magnesium and sulfuric acid.

Department of WWH PetrGu spent a complex to calculation on volume of formed pollution, concentration of pollution, acidity of a formed drain is defined. Treatment facilities which structure includes the device flotation gathering of oil from a bath surface for washing, the flotation device gathering slime from a bottom of an alkaline bath and flotation removal slime from a bottom of a nitric bath are developed.

Neutralisation of sewage with sulfuric surplus and nitric acids goes a filtration through a marble crumb with formation of an insoluble deposit (plaster) CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O.

**Н. Д. Аникина<sup>1</sup>, Р. У. Высоцкая<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Карельская государственная педагогическая академия*

<sup>2</sup> *Институт биологии КарНЦ РАН*

## **АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ОРГАНАХ МИДИИ СЪЕДОБНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

Воздействие комплекса природных и антропогенных факторов со временем изменяет состояние Белого моря. Отмечается локальное загрязнение эстуариев и побережья поллютантами, в том числе тяжелыми металлами (ТМ). Физиолого-биохимические механизмы устойчивости гидробионтов к этим токсикантам изучены недостаточно.

Цель работы – изучение влияния ионов ТМ на некоторые биохимические показатели моллюсков *Mytilus edulis* L. Эксперименты проводили на ББС ЗИН РАН. Мидий выдерживали в аквариумах с различными концентрациями хлоридов кадмия и меди. Испытывали концентрации (в пересчете на катион): Cu<sup>2+</sup> – 5, 50 и 250 мкг/л; Cd<sup>2+</sup> – 10, 100 и 500 мкг/л. Экспозиция составляла 24 и 72 часа. В тканях мидий определяли содержание ТМ, общий белок и активность 5 лизосомальных ферментов (Высоцкая, Немова, 2008). Количество ТМ в мягких тканях моллюсков определяли атомно-абсорбционным методом в аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН.

В тканях моллюсков происходило существенное накопление ТМ, зависевшее от концентрации соли и времени выдерживания мидий в условиях эксперимента. Содержание кадмия в тканях опытных моллюсков было выше в 25–29 раз, а меди – в 3–4 раза по сравнению с контролем. Под



воздействием ионов ТМ изменялось содержание белка в органах: в пищеварительной железе под влиянием кадмия отмечено снижение, а в жабрах при высокой концентрации и длительной экспозиции происходило его повышение. Медь оказывала более существенное воздействие на этот показатель: в пищеварительной железе в начале эксперимента наблюдалось небольшое повышение, а в жабрах уже при концентрации 5 мкг/л – превышение в 2 раза контрольных значений. Активность лизосомальных гидролаз под влиянием ТМ изменялась неоднозначно. В пищеварительной железе происходило угнетение, а в жабрах – активация кислых гидролаз.

Таким образом, ТМ накапливаются в мягких тканях мидий и вызывают тканеспецифичные сдвиги в метаболизме, зависящие от концентрации, времени воздействия и химической природы действующего вещества.

Работа поддержана Программой Президента РФ НШ-3731.2010.4, программами ОБН РАН «Биоресурсы 2009–2011» и Президиума РАН «Биоразнообразие 2009–2011».

**N. D. Anikina<sup>1</sup>, R. U. Vysotskaya<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Karelian State Pedagogical Academy*

<sup>2</sup> *Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

### **EFFECT OF HEAVY METAL ACCUMULATION ON SOME ENZYMATIC ACTIVITIES OF THE WHITE SEA MUSSELS *MYTILUS EDULIS***

Impact of complex of natural and anthropogenic factors changes state of White Sea eventually. Is noted local pollution of estuaries and coast with contaminants, including heavy metals (HM). Physiological and biochemical mechanisms of resistance of aquatic organisms to these toxicants are studied enough.

The aim of work is learning of influence of ions of HM to some biochemical indexes of clams *Mytilus edulis* L. Experiments were conduct by WSBS «Kartesh» of Zoological Institute RAS. Mussels were kept in aquariums with different concentration of cadmium chloride and copper chloride. Concentrations were tested (conversion to a cation):  $\text{Cu}^{2+}$  – 5, 50 and 250 mcg/l;  $\text{Cd}^{2+}$  – 10, 100 and 500 mcg/l. The experiment was been lasted for 24 and 72 hours. Content of HM, general protein and activity of 5 enzymes were been determine in mussel's tissue. Number of HM in soft tissues was determined by atomic absorption method in analytic laboratory of Forest Research Institute of Karelian Research Centre RAS.

Significant accumulation of HM occurs in tissues of clams, which was depended on concentration of salt and time-keeping mussels in the experimental conditions. Content of cadmium was 25–29 times as big as control and content of copper was 3–4 times as big as control. Content of protein was been changed by impact of ions of HM: there was reduction of it by impact of cadmium in digestive gland, there was increase of it with high concentration and long time of exposition in gills. Copper influenced more significantly with this index: There was a little increase in the beginning of experiment in the digestive; there was excess as twice as big control index with concentration 5 mcg/l. Activity of lysosomal hydrolase was been changed ambiguous by impact of HM. There was oppression of sour hydrolase in digestive gland and there was activation of it in gills.

Thus, HM accumulate in the soft tissues of mussels and cause tissue-specific shifts in metabolism, depending on the concentration, exposure time and chemical nature of acting agent.

The work was supported by Program of President of RF NSh-3731.2010.4, by programs RAS BSD «Bioresources 2009–2011» and RAS Presidium «Biodiversity 2009–2011».

**В. И. Бардина**

*Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения*

### **ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Целью работы является изучение экологического состояния почвенного покрова и воды в водоеме в рекреационной зоне п. Шапки в условиях нарастания антропогенной (туристической) нагрузки при помощи экотоксикологического подхода.

В задачи работы входит: изучение изменения физико-химических параметров почвенного покрова на двух мониторинговых площадках и воды в водоеме в течение вегетационного периода; проведение комплексной экотоксикологической оценки состояния почвы и воды методами биотестирования в течение сезона; оценка изменения экологического качества компонентов окружающей среды; определение приемлемых экспресс-методов, позволяющих в короткие сроки оценить экологическое состояние компонентов окружающей среды в рекреационной зоне.

В результате проведенных исследований было установлено: рост антропогенной нагрузки на водоем к осени приводит к увеличению степени токсичности воды; сезонная динамика загрязнения почв на площадках определяется не только степенью антропогенной нагрузки, но и динамикой природных процессов; используемая тест-система для определения токсичности воды и почвенного покрова позволяет объективно оценить степень антропогенной нагрузки на компоненты окружающей среды.

**V. I. Bardina**

*St. Petersburg State University of Cinema and Television*

#### **ECOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS OF THE LENINGRAD REGION'S RECREATION AREA**

**The aim of the project** was to research with the help of biotesting methods the soil and pond water's ecological condition in recreational area of the village Shapki in the context of increasing anthropogenic (touristic) pressure.

**The project objectives** were: to study changes of the soil (at the 2 monitoring grounds) and water physico-chemical parameters during vegetation period; to carry out the complex ecotoxicological assessment of the soil and water condition during the season with the help of biotesting methods; to esteem changes of environmental components' ecological quality; to determine the acceptable express-methods permitting to estimate the ecological condition of the environmental components in the recreation area in short time.

**The research results** can be summarized as follows: growth of anthropogenic pressure to the pond causes water toxicity raise; the season changes of soils' contamination are determined not only by anthropogenic pressure intensity, but also by the dynamic of natural processes; the used test-system for soil and water toxicity determination allows to provide an objective assessment of anthropogenic pressure intensity to the environmental components.

**Л. А. Беличева, В. П. Бусарова**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

#### **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОТОКОВ г. ПЕТРОЗАВОДСКА**

Петрозаводск – достаточно крупный промышленный и туристический центр Северо-Западного региона России. Промышленность Петрозаводска представлена машиностроением и металлообработкой, лесной и деревообрабатывающей, строительной, пищевой, легкой и полиграфической отраслями. По территории г. Петрозаводска протекают две малые реки Лососинка и Неглинка, впадающие в Онежское озеро. Обе реки являются местом отдыха горожан, имеют важное экологическое и рекреационное значение. Кроме того, они влияют на состояние Онежского озера, которое используется для централизованного водоснабжения города. На протяжении многих лет экосистемы данных водотоков подвергаются комплексному антропогенному воздействию, что ведет к ухудшению качества воды. Данная работа посвящена оценке современного экологического состояния и рекреационного потенциала урбанизированных рек, протекающих по территории г. Петрозаводска. Оценка проводилась на основе визуальной оценки рекреационного потенциала водотоков и гистологического анализа ряда органов рыб.

Проведенный гистологический анализ внутренних органов рыб, населяющих исследуемые реки, выявил разнообразные морфофункциональные изменения. Высокая частота появлений различных нарушений и их широкий спектр указывают на экологическое неблагополучие данных водотоков. В целом выявленные повреждения служат показателем того, что организм рыб демонстрирует ответную реакцию как на присутствие в воде загрязняющих веществ, так и на достаточно сильную паразитарную нагрузку.

Ухудшение санитарно-экологического состояния рек и территории их водосбора отрицательно сказывается на рекреационной привлекательности водных объектов. В настоящее время отмечается крайне слабое использование рекреационного потенциала рек. Ситуацию необходимо в корне менять, так как малые водные объекты – это основной компонент большинства рекреационных зон города, значительно повышающий их видеоэкологический потенциал.

**L. A. Belicheva, V. P. Bysarova**

*Northern Water Problem Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

#### **ASSESSMENT OF MODERN ECOLOGICAL STATE AND RECREATIONAL POTENTIAL OF URBAN STREAMS: PETROZAVODSK CITY, KARELIA REPUBLIC**

Petrozavodsk city possesses a solid industrial potential, the main branches of the city's economy being: machine building and metal engineering, food processing, mining, printing, electric power and tourism industries. There are two urban rivers (Lososinka and Neglinka), which flow through the town and fall into Onega Lake. Both rivers have important social, ecological and recreational significance. They also form sanitary state of Onega Lake that is used for centralized water supply. During the past years the rivers ecosystems are being subjected to multiple environmental stressors that impair the water quality. The present study aimed to assess the ecological state and recreational potential of Onega Lake urban tributaries. The assessment was carried out on the base of visual estimation of the studied rivers state and histological analysis of liver, kidney and gills of fish, inhabited both water bodies.

Histopathological analysis of fish vital organs indicated the presence of wide spectrum of the lesions. The high incidence of histological alterations in the gill, liver and kidney is an evidence of the poor environmental quality. Observed changes in fish tissues indicate that the fish were responding to the direct effect of the contaminants as much as to the secondary effects caused by stress.

The results of the present study also indicate a weak use of recreational potential of the rivers. It should be noted, that impairment of a sanitary-ecological condition of the rivers and their catchment territories negatively affects recreational attractiveness of water bodies. The situation must be changed, as minor water bodies are a basic component of the majority of the city recreational areas, which considerably raising the video ecological potential of the city.

**Е. В. Белова**

*Карельская государственная педагогическая академия*

#### **ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ**

Географическая оболочка – это совокупность не только природных компонентов, но и процессов, в них происходящих. При классификации явлений различными исследователями используются параметры (показатели), характерные для науки, которую они представляют. Воздействие чрезвычайных ситуаций на объекты и окружающую среду различаются по характеру в зависимости от физической сути явления, длительности и площади воздействия, а также по величине наносимых потерь. Классификация природных процессов, рассматриваемая в книге «Меняющийся мир: географический подход к изучению», построена на генезисе процессов, а деление проводится на типы по площади проявления с учетом особенностей воздействия природных явлений. Такая классификация

наиболее приемлема для изучения ритмичности природных процессов и явлений и их прогнозирования. На территории Карелии, если рассматривать интенсивность природных явлений во времени, можно проследить некоторые изменения. Изучение неблагоприятных процессов и явлений, их классификаций и воздействия во времени открывает перспективу прогнозирования, создание моделей. Оно позволит в будущем снизить вероятность риска и количество ущерба, что уменьшит число жертв от опасных природных явлений.

**E. V. Belova**

*Karelian State Pedagogical Academy*

## **CLASSIFICATION OF DANGEROUS AND ADVERSE NATURAL PROCESSES AND THE PHENOMENA**

The geographical envelope is not only set of natural components, but also processes in them occurring. At classification of the phenomena by various researchers, parameters characteristic for a science which they represent are used.

Influence of emergencies on objects and an environment differ on character depending on a physical essence of the phenomenon, duration and the area of influence, as well as on size losses.

The classification of natural processes considered in the book «A changing world: the geographical approach to studying», it is constructed on genesis of processes, and division is spent on types on the area of display in view of features of influence of the natural phenomena.

Such classification is most comprehensible to studying rhythm of natural processes and the phenomena and their forecasting. In territory of Karelia if to consider intensity of the natural phenomena in time, it is possible to track some variations.

Studying of adverse processes and the phenomena, their classifications and influences in time opens prospect of forecasting, creation of models. It will allow to lower probability of risk and quantity of damage that will reduce number of victims from the dangerous natural phenomena in the future.

**Г. В. Бельская**

*Белорусский национальный технический университет*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО КУРСА «НАУКА ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ» В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

В настоящее время тесное взаимодействие общества и окружающей среды ставит человечество перед жестким экологическим императивом, что вызывает необходимость серьезной подготовки специалистов различных отраслей по вопросам общей экологии, рационального природопользования и охраны окружающей среды. Достижение этой цели возможно только в рамках концепции Образование для устойчивого развития. Образовательный процесс для целей устойчивого развития следует организовать в соответствии с общепризнанными принципами управления по циклу Деминга (планирование, внедрение, проверка, анализ со стороны руководства), что обеспечит оценку и сравнимость результатов образовательного процесса, а также включает междисциплинарный и комплексный подход к изложению дисциплин, использование прогрессивных педагогических систем и инновационных технологий обучения, учет поликультурных особенностей студентов и преподавателей.

«Наука об окружающей среде» («Environmental science») – одна из основных дисциплин, преподаваемых в рамках Программы Балтийского Университета (Baltic University Programme). Единственно возможным подходом к изложению материала является системный подход, т. е. основная идея любого изучаемого вопроса состоит в теснейшем взаимодействии общества и природы, между людьми и их физическим, химическим и биологическим окружением.

Мы используем следующие методические приемы для проведения лекционных занятий: на английском языке с обязательным использованием технических средств – с целью включения зрительной памяти студентов. На семинарских занятиях студенты представляют домашние задания по темам в виде презентаций или устных сообщений; проводится дискуссия и закрепление полученных знаний на основе ответов по Review Questions. Для учета интересов студентов с нулевым знанием английского языка лекционные и практические занятия проводятся с обязательным последовательным переводом материала на русский язык.

**G. V. Belskaya**

*Belorussian National Technical University*

#### **SOME METHODOLOGICAL FEATURES OF THE «ENVIRONMENTAL SCIENCE» TEACHING PROCESS IN THE FRAMEWORK OF EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Close interaction between society and environment stands mankind in front of the hard ecological imperative. It makes necessary to human resource development in the field of ecology, nature management and environment protection. This purpose may be achieved only in the framework of education for sustainable development. Education for sustainable development includes interdisciplinary integrated approaches, progressive pedagogical systems and innovation techniques using as well as polycultural features recording.

«Environmental science» is one of the BUP discipline. Main methodological feature of teaching this course consists of holistic view on people and their physical, chemical and biological surroundings. All this aspects are included in an interdisciplinary manner. Lectures-presentations, expressions learning, seminars-discussions, Internet resources are used. We translate material in Russian language to include students with zero-level English knowledge in learning process.

**Н. С. Блохина, А. Е. Орданович, Д. Н. Николаева**

*Московский государственный университет*

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА В ВОДОЕМЕ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТОМ ЛЬДОМ**

При весеннем прогреве пресных водоемов, покрытых льдом, происходят сложные термогидродинамические процессы, обусловленные аномальными свойствами воды вблизи 4 °С и образованием термобара (ТБ). Исследованиям процессов, связанных с зарождением и распространением термобара весной в водоемах, свободных ото льда, посвящено много как натурных наблюдений, так и теоретических работ, в том числе и работ авторов. Однако исследований особенностей прогрева и течений в этот период в водоемах, частично покрытых льдом, недостаточно.

Настоящая работа посвящена теоретическому изучению особенностей развития ТБ, течений и прогрева пресных водоемов весной в период освобождения их ото льда.

На основе развитой ранее нелинейной системы уравнений термогидродинамики, описывающей процессы, происходящие в турбулентной среде, построена математическая модель. Расчеты проводились для двумерной модели водоема шириной 1500 и глубиной 10 м для различной длины и толщины ледового покрова.

Анализ расчетов показал, что наблюдаются существенные различия в формировании течений и перемещении ТБ для случаев водоема свободного (а) и частично покрытого льдом (б). Во втором случае наблюдается три фазы развития течений. Первая фаза связана с началом развития ТБ, формированием у кромки льда глубинного вихря (ГВ) и столба холодной воды с большим горизонтальным градиентом температуры. Вторая – с перемещением ТБ до глубинного вихря. Третья фаза, достаточно долгая, связана с нагревом воды в глубинной зоне и вытеснением ГВ прибрежной циркуляцией. Показано, что до достижения ТБ глубинного вихря скорость его перемещения в случаях (а) и (б) одинакова, а время жизни ТБ может отличаться в несколько раз в зависимости от толщины и длины ледяного покрова.

Работа выполнена при финансировании РФФИ (грант № 11-05-01146-а).

**N. S. Blokhina, A. E. Ordanovich, D. N. Nikolaeva**

*Moscow State University*

## **MATHEMATICAL MODELLING OF A SPRING THERMAL BAR IN THE PARTIALLY ICE-COVERED RESERVOIR**

Complex thermo-hydrodynamic processes relating with anomalous properties of water near 4 °C and the formation of the thermal bar (TB) occur in the ice-covered fresh-water reservoir during the spring heating. Many field observations and theoretical works, including those of the authors, have been devoted to study processes associated with the emergence and spread of the spring thermal bar in ice-free reservoirs. However, investigations of heating features and flows in this period in ice-covered reservoirs are not enough.

Present work is devoted to the theoretical study of TB development features, currents and a heating of freshwater reservoirs in a spring time during the release of ice. Based on previously developed the nonlinear system of thermo-hydrodynamic equations describing processes in a turbulent environment, the mathematical model have been built. Calculations were performed for two-dimensional model of the reservoir 1500 m in width and 10 m in depth for different length and thickness of the ice cover.

Analysis of the calculations showed that there are significant differences in the formation of flow and movement of TB for the ice-free (a) and partially ice-covered (b) reservoir. Three phases of flow development is observed in the second case. The first phase is related with the beginning of the TB development, the formation of a deep-water vortex (DWV) near the edge of ice and the column of cold water with a large horizontal temperature gradient. The second phase is related with the movement of the TB towards the DWV. The third phase is long enough in time and it is associated with a heating of water in the deep zone and an extrusion of the DWV by the coastal circulation. It is shown that before the TB achieve the DWV its movement speed in the cases (a) and (b) are the same, while the lifetime of the TB may vary in several times depending on the thickness and length of the ice cover.

This work was funded by RFBR (grant number 11-05-01146-a).

**М. С. Богданова, А. В. Литвиненко**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Применение геоинформационных технологий в разных сферах знаний, в том числе и при выполнении географических исследований, свидетельствует о возможности решения большого спектра научных и практических вопросов средствами ГИС. ГИС-технологии позволяют автоматически выполнять пространственные операции с объектами на карте, анализировать имеющуюся атрибутивную информацию и оперативно получать результаты для оценки.

В настоящее время накоплены большие объемы информации по водным ресурсам Республики Карелия и их использованию. Обработка и анализ этих данных в ручном режиме требует огромных затрат времени и сил, при этом возможны субъективные ошибки. Применение ГИС-технологий при водохозяйственных исследованиях наиболее перспективно. Сотрудниками лаборатории географии и гидрологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН была выполнена работа по созданию ГИС «Водные ресурсы Республики Карелия и их использование». Основной целью работы было создание специализированной геоинформационной системы, обеспечивающей процессы формирования, ведения и представления данных по использованию водных ресурсов Республики Карелия для хозяйственных нужд.

В формате MapInfo 9.5 создана географическая информационная система «Водопотребители Республики Карелия». В ней сформированы тематические картографические слои: «Водо-

сборные бассейны», «Водоемы», «Водотоки», «Водопотребители», «Забор воды», «Сброс сточных вод», «Химические показатели сточных вод». Для удобной работы с ГИС разработана система запросов, позволяющая оперативно получать необходимую информацию, находить нужные выборки данных за отдельный год или в динамике, создавать отчеты и тематические карты.

Данная ГИС может быть использована в работе министерств, ведомств и других организаций, связанных с вопросами учета, рационального использования и охраны водных ресурсов.

**M. S. Bogdanova, A. V. Litvinenko**

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

## **APPLICATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS OF WATER RESOURCES UTILIZATION**

Application of geoinformation technologies in various spheres of knowledge, including geographical research, proves a wide range of scientific and practical tasks can be solved by means of GIS. GIS technologies enable computer-aided spatial operations with objects in the map, analysis of available attributive information, and quick retrieval of results needed for assessment.

Extensive information on water resources of Karelia and their utilization has been amassed. Manual processing and analysis of these data is very time- and labour-intensive, and subjective errors are likely to occur. Application of GIS technologies in water economy studies is most promising. Researchers from the Geography and Hydrology Laboratory of the Northern Water Problems Institute, KarRC of RAS have created the GIS «Water Resources of Republic of Karelia and Their Use». The principal objective was to generate a specialized GIS to support the processes of gathering, maintaining and providing data on the utilization of water resources in Republic of Karelia for economic purposes.

The GIS «Water Consumers of Republic of Karelia» was created in the MapInfo 9.5 format. It comprises thematic map layers «Drainage basins», «Waterbodies», «Watercourses», «Water consumers», «Water withdrawal», «Wastewater discharges», «Wastewater chemical indices». To make the GIS more convenient to work with, the query system was developed, which enables express retrieval of the necessary information, isolation of certain datasets for a specified year or in dynamics, generation of reports and thematic maps.

The GIS would be of use for ministries, departments and other organizations involved in estimation, sustainable management and conservation of water resources.

**Е. А. Вдовиченко, С. Г. Тунина**

*Карельская государственная педагогическая академия*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЛЕТУЧИХ ФЕНОЛОВ В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ ЭКСТРАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Фенолы – производные бензола, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на одну или несколько гидроксильных групп. К группе летучих фенолов, или моногидроксипроизводных, относятся как сам фенол, так и его производные: метилфенолы (крезолы), диметилфенолы (ксиленолы), этилфенолы, гваякол, моноклорфенолы.

Фенолы образуются в природных водах в результате жизнедеятельности водных организмов, а также при биохимическом распаде и трансформации органического вещества, но основным источником поступления фенолов в природные воды являются сточные воды целлюлозно-бумажной, химической, коксо- и нефтехимической и других отраслей промышленности. Главным источником поступления фенолов в карельские природные воды являются сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности.

Целью данной работы являлось определение содержания летучих фенолов как в природных, так и в сточных водах целлюлозно-бумажных предприятий и хозяйственно-бытовых стоков экстракционно-фотометрическим методом.



Попадание фенолов в природные воды оказывает негативное воздействие на гидрохимический режим водоемов: увеличивается окисляемость, цветность, уменьшается содержание растворенного кислорода вследствие окисления фенольных соединений. Химическая и биохимическая деградация фенолов приводит к образованию более токсичных соединений, еще более негативно влияющих на гидробионтов, чем сами фенолы. Так, например, систематическое загрязнение природных вод фенолами приводит к появлению у рыб характерного фенольного привкуса, вследствие чего они теряют потребительскую ценность.

Обсуждается возможность использования экстракционно-фотометрического метода определения фенольных соединений в водных объектах при изучении их химического поведения в водоеме и оценке токсичности для биоты.

**E. A. Vdovichenko, S. G. Tunina**

*Karelian State Pedagogical Academy*

### **VOLATILE PHENOLS' DETECTION IN THE NATURAL AND WASTE WATERS BY THE EXTRACTION-PHOTOMETRIC METHOD**

Phenols are the derivatives of the benzene. Phenols' molecules have one or some hydrogen's atoms whose are substituted to the one or some hydroxyl groups. Phenol and its derivatives, such as methyl phenols (cresols), dimethyl phenols (xylenols), ethyl phenols and are the part of the group which is called «benzene's monohydroxyderivatives» or «volatile phenols».

Phenols are formed in the natural waters as a result of the aquatic organisms' vital functions, by the biochemical decay and organical matter's transformation, but the main source of the phenols' arrival in the natural water is chemical, coke, petrochemical industries' waste waters. Phenols' arrival with pulp and paper industry's waste waters is the main way to the Karelia's natural waters.

The purpose of this research is volatile phenols' detection in the natural waters, pulp and papers industry's waste waters and domestic flows by the extraction-photometric method.

Phenol's arrival to the natural waters render negative influence to the hydrochemical conditions of the water bodies: increase in water oxidizability and coloration, decrease in dissolved oxygen because of phenols' oxidation. Chemical and biochemical phenols' destruction brings to the more toxic substances' production whose have more negative influence to the aquatic organisms than phenols. For example, the systematic natural waters' pollution brings to that the fishes begin to have phenolic taste and because of this they lose the consumer importance.

The possibility of using an extraction-photometric method for the determination of phenolic compounds in water objects in the study of their chemical behavior and the evaluation of toxicity to biota.

**К. В. Воробьев**

*Псковский государственный педагогический университет им. С. М. Кирова*

### **ГЕНЕЗИС ОЗЕРНЫХ КОТЛОВИН ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Большинство котловин озер Псковской области следует относить к гляцигенному типу. Анализ их локализации с точки зрения особенностей геоморфологии данной территории позволяет подразделить их на три группы: 1) озера ледораздельных (островных, межлопастных) возвышенностей; 2) озера гляциодепрессионных низменностей; 3) озера маргинальных возвышенностей.

Озера первой группы сосредоточены в пределах площади Лужской, Судомской и Бежаницкой возвышенностей, которые сформировались за счет повышенной аккумуляции ледниковых осадков на стыке ледниковых лопастей во время плейстоценовых оледенений. Данные по их современной озерности (Бежаницкой возвышенность – 8%; Судомская – 3%; Лужская – 3,7%) указывают на широкое развитие в рельефе возвышенностей озерных впадин, которые имеют, главным образом, термокарстовый генезис.

Озера второй группы располагаются в пределах территории бывших Псковской и Ловатской лопастных и Соротской, Хилевской и Плюской языковых гляциодепрессий. Средняя озерность их

ландшафтов ныне – около 1%. Здесь распространены, в основном, остаточные озера, образование котловин которых связано с регрессией водных масс приледниковых озер. В условиях характерного для псковских гляциодепрессий обратного уклона их ледникового ложа к направлению бывшего движения ледниковых масс, перед отступающим ледниковым краем, формировались обширные приледниковые озера. Водная масса таких подпрудных озер была спущена, а в наиболее низких участках гляциодепрессий сохранились озера-реликты. В небольшом количестве на гляциодепрессионных низменностях встречаются озера с эрозионно-экзарационными впадинами. Такие озера приурочены к северо-западному участку Псковской гляциодепрессионной низменности, где отмечается минимальная мощность толщи моренно-водноледниковых отложений, и ее поверхность наследует черты рельефа древней речной сети, врезанной в девонские породы структурных склонов девонской и ордовикской куэст. Здесь же встречаются озера, имеющие карстовые котловины.

Озера маргинальных возвышенностей локализуются в холмисто-моренном рельефе Великолукских и Себежских гряд. Эти возвышенности представляют собой генерации разновозрастных краевых комплексов, которые образовались в результате аккумуляции морено-водноледниковых осадков у отступающего края Псковской и Ловатской лопастей валдайского ледника во время регрессивных фаз вековско-крестецкой стадии. Для озер, расположенных среди холмисто-грядового рельефа цепей краевых образований, наиболее типичны термокарстовые котловины. Котловины озер, расположенные на участках озерно-ледниковых и зандровых равнин, в пространстве между цепями краевых образований, образовались на месте полос мертвого льда, разбитых на отдельные блоки трещинами, которые заполнялись водноледниковыми отложениями. После таяния блоков мертвого льда на их месте образовались впадины, а на месте трещин образовались гряды, ограничивающие эти котловины по периферии. Третьей разновидностью озер здесь являются ложбинные озера, котловины которых наследуют законсервированные ранее мертвым льдом реликты довалдайских долин, или ложбины, созданные эрозионной деятельностью подледниковых потоков талых вод.

**K. V. Vorobiev**

*Pskov State Teachers Training University*

## **ORIGIN OF LAKE DEPRESSIONS OF THE PSKOV REGION**

More part of lakes in the Pskov region has a glacigenous type. Analysis of localization of lake depressions from the point of view of features of geomorphology of the given territory allows to subdivide them into three groups: 1) the lakes of glacier bordering (island, interlobe) heights; and 2) the lakes of glaciodepression lowlands; 3) the lakes of marginal heights.

The lakes of first group are concentrated within an area of the Luga, the Sudomskoy and the Bezhanitsky heights. The heights formed at the junction of glacial lobes and tongues during the Pleistocene glaciations. Data on their modern lake (the Bezhanitsky height – 8%; the Sudomskaya – 3%; the Luga – 3,7%) indicate that extensive development in the complexes of this relief lake depressions which are mostly thermokarst genesis.

The lakes of second group are located within the territory of the former Pskov and Lovatskoy lobes of glaciodepression and Sorotskoy, Hilovskoy and Plyussa tongues glaciodepression. Average lake of landscapes is now about 1%. Here, have proliferated, mainly residual lakes. Origin of these depressions is associated with the regression of the ice edge of the blades or tongues. The large proglacial lakes formed under the conditions typical of reverse gradient of their surface relative to the direction of motion of the former ice masses before retreating ice edge, blocking stock melted glacier water. Water masses of dammed reservoirs, in the further degradation of the ice tongue and the lobes were lowered. The lake – relicts preserved in most areas of low glaciodepressions. In addition, the residual lakes in a small amount on glaciodepression lowland there are lakes which has with erosion-exaration cavities. These lakes are confined to the north-western part of the surface of the Pskov glaciodepression lowlands, where there is minimal (a few meters), the Quaternary thickness of glacial and fluvioglacial deposits. This surface inherits the features of the extant relief preglacial drainage network, embedded in the indigenous Pre-Quaternary terrigenous and carbonate rocks of Devonian structural slopes of the Devonian and Ordovician cuestas. Here there are the lakes with a karst depressions.

The lakes are located in the marginal height hilly – morainic relief the Velikoluksky and the Sebezhsy ridges. These hills represent the generation of complexes of different ages boundary formations, which are as independent of marginal units are part of the Baltic-Valdai marginal zone (The Main moraine belt). They are the result of accumulation of moraine and fluvioglacial sediments in a relatively stable region of Pskov and Lovatskoy lobes of the last ice sheet during the regressive phase Veps-Krestetskaya stage of the last glaciation. The most typical thermokarst depressions are for lakes lying among the complexes hilly ridge topography chains of edge formation of these hills. Depressions of lakes located in the areas of gently undulating terrain and lake-glacial outwash plains in the space between adjacent chains of edge structures were formed, apparently in place strips of dead ice, dissected into separate blocks cracks, which were filled fluvio and limnoglaciational deposits. After thawing of dead ice blocks in their place were formed depressions, and on-site cracks formed ridges bounding these depressions on the periphery. Third kind of the lakes of marginal heights are the narrow gully lakes which inherit the previously mothballed relics of dead ice prevaldayskih valleys, or these narrow gullies created erosion by glacial activity streams of melt water.

**Е. Ю. Гаврилов**

*Лицей № 40*

### **ОПИСАНИЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «МУТКА»**

Национальный парк «Паанаярви» – уникальный по своей природе уголок Карелии – привлекает массу туристов. После неоднократного посещения парка возникла идея описания формирующегося туристско-рекреационного комплекса на стоянке «Мутка», которая находится на северо-восточном берегу оз. Паанаярви. Со стоянки «Мутка» можно организовывать туристические маршруты разной сложности.

Маршрут «Хутора» – познавательный – идет вдоль берега оз. Паанаярви к бывшим хуторам. Здесь видны следы антропогенной деятельности. Маршрут рассчитан для туристов любого возраста.

Маршрут «Водопад Муткаоски» относится к числу познавательных и спортивных, проходит по пересеченной местности. На маршруте разные природные комплексы. Заканчивается маршрут у водопада Муткаоски высотой 7 м.

Маршрут «Мельницы» также начинается от стоянки «Мутка» и идет на север. Интересен тем, что выводит к бывшим мельницам, на которых мололи зерно жители хуторов восточной части Паанаярви. При движении видим: смену природных комплексов, сейсмодислокацию, укрепление бывшей дороги и две мельницы на р. Муткайоки. Маршрут длиной 1,3 км рассчитан на любой возраст туристов.

Маршрут «Экологическая тропа Астерварви» идет по пересеченной местности с денудационно-тектоническим рельефом, где горные породы перекрыты четвертичными ледниковыми отложениями. Тропа близко подходит к р. Муткайоки, где можно увидеть мельницы. При движении наблюдается смена растительных сообществ, встречаются редкие растения. Возможен отдых у оз. Астерварви, далее маршрут проходит вдоль ручья. Ручей вытекает из болота. На болоте бывший заливной луг, где местные жители заготавливали сено. До сейсмодислокации высотой 70 м остается 500 м. Маршрут длиной 4,5 км, рассчитан на туриста со средними физическими данными.

Обратным путем можно выйти к стоянке или далее выйти по маршруту № 2 к дороге и вернуться на Паанаярви, встретив по пути интересные объекты. Работа подкреплена компьютерной обработкой и буклетом о туристско-краеведческом комплексе «Мутка».

**Zheniya Gavrilov**

*Lyceum N 40*

### **THE DESCRIPTION OF THE TOURIST COMPLEX «MUTKA»**

The national park «Paanajarvi» is the unique part of the Karelian Republic, and it attracts a lot of tourists.

After visiting the park for many times, the idea to describe the tourist complex «Mutka» came into my mind. The lodge «Mutka» is situated in the north-eastern shore of the Paanajarvi Lake.

It's possible to organize tourist routes of different levels from the lodge «Mutka». The educational route «Farms» spreads along the lake shore & leads to the old farms. There are scents of the previous inhabitants. This route is suitable for tourists of different ages.

The route «Mutka Koski Falls» is very educational, sporty & has much to learn about. This route has different natural complexes & it ends near the waterfall Mutka Koski which height is 7 metres.

The route «A Mill» also starts from the place «Mutka» and spreads to the North. It's very interesting for its old mills which were used in the past by the inhabitants of the eastern part of Paanajarvi. Moving along the route we can see the change of natural complexes, seismodislocation & two mills on the river Mutkajoki. The length of this route is 1,3 km and suits for tourists of all ages.

The route «The Ecological path» is going through the crossed territory with the old changes in relief.

The path is very close to the river Mutkajoki where it's possible to see the mills. When you are passing by you can see rare plants and the change of plants.

It's possible to have a rest near the Astervajarvi Lake, then the route goes on along the stream. The stream comes out of the swamp. The swamp is the place, where native people gathered grass.

Only 500 metres separate from the seismodislocation, which height is 70 m.

The route is 4,5 km long & is suitable for physically middle advanced tourists. Going back you can come to the place «Mutka» or continue your way along the route № 2 and come back to the Paanajarvi Lake, meeting interesting objects.

This research paper has a computer version & also is added by a prospect «Mutka – tourist complex».

**Е. Н. Гинатуллина<sup>1</sup>, И. М. Мирабдуллаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт водных проблем АН РУз*

<sup>2</sup> *Институт зоологии АН РУз*

## **ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ БИОМАССЫ И ЧИСЛЕННОСТИ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР ВЕТЛАНДА СУДОЧЬЕ (1999–2002)**

Из водоемов ветланда Судочье мы исследовали пять водоемов: Акушпа вместе с Тайлы – 4500 га (Акушпа, через Тайлы, является тупиковым аккумулятором части стока Кунградского коллектора); Большое Судочье – 2250 га, Западный Каратерень – 360 га и Бегдулла-Айдын – 600 га; это озера, в разной степени дренируемые Кунградским и Устюртским коллекторами.

Информация о количественном развитии зоопланктона была отобрана начиная с октября 1999 г. и далее в течение 2000–2002 гг. три раза в год (октябрь, апрель, июнь).

Дренируемые озера ветланда Судочье (Б. Судочье, З. Каратерень и Б.-Айдын) характеризуются циклическим проточным режимом и нормальным кислородным режимом. Однако в результате засухи с осени 2000 г. площадь озер ветланда к лету 2001 г. составляла 70–80% от прежней.

Зоопланктон в озерах количественно был более развит весной и летом, чем осенью. Доля рачков в суммарной численности зоопланктона была менее значительна по сравнению с коловратками, что связано с меньшими размерами и быстрым темпом размножения последних. В отношении биомассы зоопланктон исследованных озер был, как правило, копепоидный – доля *Copepoda* по биомассе достигала 80–90% и более. Особенно значительной доля копепоид была в период усыхания и осолонения водоемов 2000–2001 гг., что связано с развитием галофильных видов и снижением пресса рыб на рачковый планктон. Динамика биомассы зоопланктона ветланда Судочье с осени 1999 по осень 2002 г. протекала по-разному в оз. Акушпа и в дренируемых озерах, включая оз. Тайлы. В более минерализованном оз. Акушпа наибольшая биомасса наблюдалась как раз в наиболее засушливый период, т. е. весной 2000 и 2001 гг., за счет устойчивого галофильного комплекса зоопланктона и благодаря отсутствию в озере потребителей зоопланктона – рыб. Около 99% биомассы создавалось в оз. Акушпа циклопом *Apocyclops dengizicus*. В дренируемых озерах более высокие значения биомассы отмечались осенью 1999 г. (до засухи) и летом 2002 г. в результате нормального поступления воды в озера. Тенденция понижения биомассы и численности зоопланктона в этих озерах в период резкого повышения минерализации связана с тем, что из их сообществ практически полно-

стью выпала пресноводная фауна зоопланктона. В то же время ряд галофильных видов, таких как *Apocyclops dengizicus*, *Halicyclops rotundipes*, *Nereis diversicolor*, *Diacyclops odessanus* и др., еще не успели заселить эти озера.

По уровню биомассы условия озер ветланда определяются как олиготрофные. Количественные показатели достигали в озерах ветланда очень незначительных величин: биомасса – 0,015–0,19 г/м<sup>3</sup>, численность – 0,6–140 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В ходе проведения мониторинга отмечены две разные тенденции в количественном развитии зоопланктона. В первый год маловодья (2000 г.) наблюдалось значительное снижение численности и биомассы зоопланктона в дренируемых озерах. В то же время осенью 2000 г. не произошло сильного снижения количественных показателей развития зоопланктона в более минерализованном оз. Акушпа, и только после его катастрофического обмеления летом 2001 г. наблюдалось падение биомассы в пелагиали этого озера в 19 раз, а среди растительности – в 1,5–2,5 раза. В период 2000–2001 гг. в более минерализованном оз. Акушпа численность и биомасса были выше, чем в более распресненных озерах Бегдулла-Айдын, Б. Судочье. В этих озерах наблюдалось падение биомассы практически на всех участках более чем в 10 раз.

E. N. Ginatullina<sup>1</sup>, I. M. Mirabdullayev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Water Problem Institute, Academy of Science of Uzbekistan Republic

<sup>2</sup> Institute of Zoology, Academy of Science of Uzbekistan Republic

#### UNSUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT AND CHANGES OF ZOOPLANKTON COMMUNITY IN WETLAND SUDUCHJE, UZBEKISTAN

**Background:** Last century the Aral Sea had got a unique aquatic fauna. However, an aquatic diversity of Central Asia was significant damaged by a high level of water salinity.

The system of lakes is located in the northwest delta of Amudarya river (wetland Suduchje) undergo a big change too. Until a middle 30th last century the zooplankton community of Lake Suduchje included only freshwater species and about 30 among them were Cladocerans (Karzinkin, 1925; Akatova, 1950). Zooplankton diversity was depressed by the high intensity of evaporation and receiving irrigation runoff water, but the high-flown water of Amudarya River bring with a favorable condition for evolution of the zooplankton community (Khasachbaev, 1988). Our studying of zooplankton community of Suduchje lakes had showed that wetland due to improving its hydrological regime could be as a reintroduction area for a disappeared Aral Sea zooplankton species.

**Methods:** The water for zooplankton analyses was sampled in 2000, 2001 and 2002 three times per year: in April, in June, in October, including also the samples in October of 1999. The samples were taken from surrounding water and from a littoral area covered with water plants. 100 liters of water were sieved through a 76 µm and preserved into 4% formaldehyde solution.

We were carried out the investigation from the 5 shallow depth lakes of the wetland: Akyshpa together with Tayli (4500 hectares), Big Suduchje (2200 h), Begdulla-Ajdin (600 h) and Karateren (360 h). All lakes are characterized a cyclic type of flowage (a flowing period with a water supply or a drainless period), the good wind processes and oxygen saturation was about 80–95%. The lakes were fast reduced these area on 70–80% due to a drain less period from fall 2000 to summer 2002. Mean salinity of 3 lakes this time was from 3 to 10 g/l (Akushpa Lake had one very high increasing to 70,5 g/l, Tayli Lake to 46,8 g/l).

**Main of results:** 76 zooplankton species have been identified during 1999–2002 in lakes of wetland Suduchje. The aquatic animals of marine origin were found by carried out during our research in lakes of wetland Suduchje. There are: marine assiduous infusorians *Folliculina* sp., *Cothurnia* sp., and also *Bryozoa* gen. sp., *Nereis diversicolor*, *Cyprideis littoralis*, *Cypridopsis newtoni*, *Dickerogammarus aralensis*, *Caspiohydrobia* spp.

From fall 2000 to summer 2002 was a low-flow period of Amudarya River and the zooplankton community has kept only a halotolerant species. There were a following indicator species of lakes with water salinity higher than 12 g/l: *Brachionus plicatilis* p., *B. p. rotundiformes*, *B. quadridentatus*, *Testudinella elliptica*, *Keratella tropica*, *K. valga*, *K. quadrata* (in spring), *Hexarthra oxyuris*, *Synchaeta* sp., *Apocyclops dengizicus*, *Diacyclops bisetosus*, *D. odessanus*, *Halicyclops rotundipes*, *Cletocamptus*

*retrogressus*, *Onychocamptus bengalensis*, *Schizopera aralensis*, *Nitocra hibernica*, *Cyclops vicinus* and *C. furcifer*. This time the Cladocerans complex was presented only by *Chydorus sphaericus* cf. and *Alona rectangula* cf. However, if water salinity would be less than 3 g/l, there were a few species of Cladocerans: *Leydigia leudigia*, *Ilyocryptus agilis*, *Macrotrix laticornis*, *Oxyurella tenuicaudis*, *Pleuroxus aduncus*, *Simocephalus vetulus*. In summer 2002 was registered a mass amount *Moina brachiata* onto open water of Big Sudochje and Begdulla-Aydin lakes. Zooplankton biomass in lakes of wetland Sudochje has compared with an oligotrophic level and it was about 0,1–0,2 g/m<sup>3</sup>. About 100 percent of zooplankton biomass during a drainless condition of wetland was produced by copepod species *Apocyclops dengizicus*.

Preservation of the biodiversity such waterbodies like Sudochje' wetland depends on quantity into reservoir the runoff water. Thus, if would maintain the salinity about or less than 3 g/l, it will be the most favorable salinity for these lakes.

Freshwater microcrustaceans have been vanished from zooplankton community of wetland's water bodies: *Phyllodiaptomus blanci*, *Macrocyclops fuscus*, *M. albidus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops strennus*, *Sida cristallina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *C. affinis*, *C. pulchella*, *Scapholeberis mucronata*, *Bosmina longirostris*, *Polyphemus pediculus*, *Leptodora kindtii*, *Podonevadne camptonyx* and 10 species of Chydoridae in compare the last century.

**П. Г. Гольденберг**

*Петрозаводский государственный университет*

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛЫХ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ КАРЕЛИИ**

Карелия обладает уникальным водно-ресурсным потенциалом. Такое обилие водных ресурсов – не только великое благо, но и большая ответственность по их сохранению. Государственный контроль в области использования и охраны водных объектов является наиболее эффективным видом контроля. По результатам контрольно-надзорной деятельности Управления Росприроднадзора по Республике Карелия за 2004–2010 гг. обобщена информация о канализационных очистных сооружениях, позволяющая сформировать программу мероприятий по развитию систем канализации для республики в целом и для отдельных муниципальных районов.

В Республике Карелия осуществляется очистка сточных вод от населенных пунктов, в которых проживает 62,2% населения республики. В Карелии выведены из строя канализационные очистные сооружения в 13 районах, а в 6 районных центрах республики – городах Кемь, Беломорск, Медвежьегорск, Пудож, а также в поселках Лоухи и Калевала – отсутствуют канализационные очистные сооружения. Из 66 существующих комплексов коммунальных канализационных очистных сооружений, предназначенных для очистки бытовых сточных вод в районах республики, 19 станций находятся в разрушенном состоянии, на них не производится очистка сточных вод. На 49 существующих коммунальных канализационных очистных сооружениях в районах республики необходимо провести реконструкцию и техническое перевооружение по причине неудовлетворительного технического состояния оборудования и необходимости повышения качества очистки сточных вод. Вследствие недостаточного финансирования развития коммунальной инфраструктуры в течение последних 15 лет количество канализационных очистных сооружений, введенных в эксплуатацию в сельских поселениях Республики Карелия, фактически равно нулю.

Считаю, что для предотвращения дальнейшего загрязнения водных объектов хозяйственными и промышленными стоками и для улучшения экологической ситуации на наших водоемах и реках нужна государственная программа строительства новых очистных сооружений. Финансирование строительства и реконструкции очистных сооружений может быть комплексным: государственным, региональным и муниципальным с привлечением частного капитала. В конечном итоге чистая вода – это здоровье нас и наших детей. А что может быть более приоритетным.

**P. G. Goldenberg**

*Petrozavodsk State University*

## **STATUS AND PROSPECTS FOR IMPROVING THE WORK OF SEWAGE TREATMENT FACILITIES IN SMALL TOWNS AND VILLAGES IN KARELIA**

Karelia has a unique water-resource potential. Such a variety of water resources is not only a great benefit, but also greater responsibility for their conservation. State control over the use and protection of water bodies is the most effective kind of control. Federal government environmental control carry out Department of ecology control on Republic Karelia. According to the results of control of the Department of ecology control on Republic Karelia in 2004–2010 gg analyzed information of sewage treatment plants, allowing to form a program of activities for the development of sewerage systems in Karelia as a whole and for regions of the Republic. In the Republic of Karelia by wastewater from human settlements, home to 62,2% of the population. In Karelia, not working sewage treatment plants in 13 districts and six district centers – cities Kem, Belomorsk, Medvezhyegorsk, Pudozh, as well as in the villages of Louhi and Kalevala no sewage treatment facilities. Now destruction of working treatment plants in Republic of Kareliya makes more than 58,7%. Many water cleaning facilities do not work, because they were built thirty years ago. Of the 66 existing municipal sewage treatment facilities for the treatment of domestic wastewater in areas of 19 stations are in ruins, which are not produced wastewater. By 49 municipal sewage treatment plants in areas of need to carry out reconstruction and technical re-equipment due to poor technical condition of equipment and the need to improve the quality of sewage treatment. Due to lack of funding public infrastructure over the past 15 years, a new wastewater treatment plant in Karelia were not built. The discharge of untreated or inadequately treated household and communal sewage is becoming a major cause of high water pollution.

I believe that in order to prevent further water pollution household effluent and industrial waste and to improve the environmental situation in our reservoirs and rivers need a government program of building new treatment facilities. In scientific work I will consider different ways of reconstruction and work optimisation of these water cleaning facilities.

Finance the construction and reconstruction of treatment facilities can be complex: state, regional and local government with the involvement of private capital. The main result, clean water – is the health of ourselves and our children. And what could be a higher priority.

**В. А. Горская<sup>1</sup>, Е. Л. Белозерова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Лодейнопольский Детский центр эстетического развития*

## **О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗАЛИВА ГНИЛЬНО НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ НИЖНЕ-СВИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Работа выполнена на территории Нижне-Свирского государственного природного заповедника, одной из задач которого является охрана редких птиц. Среди них – скопа и орлан-белохвост – виды, занесенные в Красную книгу России. **Цель работы:** определить, как влияет изменение гидрологического режима на биоразнообразие Нижне-Свирского заповедника.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи:** отобрать пробы зоопланктона в заливе Гнильно, определить структуру данного сообщества, сравнить структуру зоопланктона, определенную в 2007 г., с имеющимися данными 2003 г., выяснить, как повлияет изменение данного сообщества на ихтиофауну и орнитофауну заповедника. В период с 2003 по 2007 г. в зоопланктоне приустьевых участков залива произошло значительное изменение состава и количественных характеристик.

**Выводы:** 1. Фактором, влияющим на численность редких рыбоядных птиц, обитающих в Нижне-Свирском заповеднике, является наличие кормовых ресурсов.



2. Комфортные условия для ихтиофауны заповедника во многом определяются качественным и количественным составом зоопланктона.

3. Под влиянием изменения гидрологического режима в заливе Гнильно произошла трансформация сообщества зоопланктона: изменился видовой состав и возросло количество видов за счет появления вторичных фильтраторов и ползающе-плавающих форм, снизилась доля ветвистых ракообразных.

4. Изменение структуры зоопланктонного сообщества привело к обеднению ихтиофауны залива.

5. Обеднение ихтиофауны залива ухудшает кормовую базу редких хищных птиц – орлана-белохвоста и скопы, что может стать причиной снижения их численности и в дальнейшем исчезновения с территории заповедника.

**V. A. Gorskaya<sup>1</sup>, E. L. Belozerova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *St. Petersburg State University*

<sup>2</sup> *Lodeynoye Pole Children's Center aesthetic development*

#### **ABOUT INFLUENCE OF CHANGE OF A HYDROLOGICAL MODE OF A GULF OF GNILNO ON A BIODIVERSITY OF NIZHNE-SVIRSKY RESERVE**

Work is executed in territory of Nizhne-Svirsky state natural reserve, one of which problems is protection rare. Among them – skopa and a sea eagle-belohvost – the kinds brought in the Red Book of Russia. The work purpose: to define, how change of a hydrological mode influences a biodiversity of Nizhne-Svirsky reserve.

For achievement of this purpose it is necessary to solve following problems: to select zooplankton tests in a gulf of Gnilno, to define structure of the given community, to compare the structure of a zooplankton defined in 2007 with the available data of 2003, to find out, how change of the given community will affect a fish fauna and a reserve avifauna. During the period with 2003 for 2007 in a zooplankton place near to the river beginning a gulf site there was a considerable change of structure and quantitative characteristics.

Conclusions: 1. The factor influencing number of rare fish-eating birds, living in Nizhne – Svirsky reserve, presence of fodder resources is.

2. Comfortable conditions for a reserve fish fauna are in many respects defined by qualitative and quantitative structure of a zooplankton.

3. Under the influence of change of a hydrological mode in a gulf of Gnilno there was a transformation of community of a zooplankton: the specific structure has changed, and the quantity of kinds at the expense of occurrence of secondary filtration organisms and creep – floating forms has increased, the share vetvistoysye crustaceans has decreased.

4. Change of structure of zooplanktonic community has led to pauperization of a fish fauna of a gulf.

5. Pauperization inhabitants of the water environment a gulf worsens a forage reserve of rare birds of prey of a sea eagle – белохвоста and скопы that can become the reason of their decrease amount and further – disappearances from reserve territory.

**Е. О. Графова, Р. И. Аюкаев**

*Петрозаводский государственный университет*

#### **ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ЗАГОРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Благодаря развитию рыночной экономики в России активно развиваются маленькие и средние индустриальные предприятия: пищевой, фармацевтической продукции, производство продуктов повседневной необходимости. Активно развивается туризм: строятся базы отдыха, кемпинги и коттеджи. По разным причинам они располагаются главным образом на загородных территориях.

Вдоль автомобильных трасс строятся автозаправки и кафетерии. Все эти предприятия можно назвать загородными объектами.

Такие объекты сложнее обустроить системами водоснабжения и водоотведения, чем в городе. Экологические последствия от их функционирования более ощутимы.

Одно из направлений исследований кафедры водоснабжения и водоотведения и гидравлики (ВВГ) – оптимизация систем водоснабжения и канализации, расположенных за городом. За годы работы кафедры были построены несколько десятков сооружений водоснабжения и водоотведения в Карелии и других областях России. Также изучены сооружения очистки, построенные другими организациями.

Большинство существующих сейчас автозаправочных станций, кемпингов, ресторанов, кафе-териев, гостиниц были построены 10–15 лет назад. К сожалению, большинство их работает в проектом способе только первые несколько лет (иногда месяцев).

Кафедра ВВГ ПетрГУ разрабатывает сооружения, которые можно назвать «редкими и легко обслуживаемыми». Сотрудники кафедры совместно с кафедрой лесоводства ведут исследования по поиску оптимального фитоиндикатора для определения влияния работы очистных сооружения на окружающую среду.

**E. O. Grafova, R. I. Ajukaev**

*Petrozavodsk State University*

## **ENGINEERING DECISIONS OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS AT SEWAGE TREATMENT OF OBJECTS LOCATED BEYOND THE CITIES**

Thanks to the marketing economy in Russia the small and average industrial enterprises are actively developing: food, pharmaceutical, manufacturing of the products of daily needs. Tourism is developing: bases of rest, campings, and cottages are under construction. For various reasons, they settle down mainly in country territories.

Along automobile long-distance lines there are constructed gasoline stations and cafeterias. All these enterprises could be named the country objects.

It is more difficult to equip these objects with plumbing and sanitary systems, than at the city. Thus, ecological consequences of functioning of such objects are more notable.

One of directions of probes of our Department are objects of water supply and the water sewage which are located at the country side. For many long years work of department few tens of the treatment facilities of plumbing and sanitary in Karelia and other regions of Russia have been constructed. Also the treatment facilities which are constructed by other organizations have been investigated by us.

Such objects as: the autorefuel station, campings, restaurants, cafeterias, hotels have been constructed 10–15 years ago. Unfortunately, the majority of them work in a project mode for only first several years (sometimes months).

Department WWH develops and creates constructions which is possible to name «rare and easily serviced».

Employees of water supply and water removal Department together with forestry Department spend work on search of optimum phytoindicators for definition of influence of treatment facilities work of on environment.

**А. В. Гужиева, Е. О. Графова, Р. И. Аюкаев**

*Петрозаводский государственный университет*

## **К ВЫБОРУ МЕТОДОВ БИО- И ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ЗАГОРОДНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ (на примере Республики Карелия)**

В последние годыкратно возросли масштабы загородного строительства баз отдыха, коттеджных поселков. Помимо этого на территории России действуют многочисленные топливные

компания типа «ТНК-БП», «Лукойл», которые строят автозаправочные станции (АЗС) вдоль автомагистралей. В связи с загородным расположением такие предприятия имеют автономные системы очистки дождевых и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Помимо частных предприятий согласно водному кодексу РФ очистными сооружениями должны обустраиваться и участки пересечения автодорогами водоохранных зон. В настоящее время кафедрой ВВГ ПетрГУ спроектировано около 250 придорожных ЛОС и около 60 построено и смонтировано.

В связи с удаленностью автодорожных объектов от городов возникает необходимость создания методов контроля за эффективностью работы очистных сооружений. На кафедре ВВГ строительного факультета и кафедре растений сельскохозяйственного факультета Петрозаводского государственного университета проведены постановочные эксперименты по интегральной оценке методом фитотестирования эффективности работы КОС базы отдыха, расположенной на берегу оз. Лососинное в пригороде Петрозаводска. Полученные данные демонстрируют влияние недоочищенных сточных вод на водоем, почвы и произрастание тех или иных видов растений.

В целях разработки более гибкого визуального метода фитотестирования проанализированы литературные данные по взаимодействию растений с загрязнителями.

Одними из наиболее распространенных на севере индикаторов являются лишайники. Их реакция на внешнее воздействие очень сильна, а собственная изменчивость незначительна по сравнению с другими организмами.

Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью обладают лишайники-эпифиты, обитающие на коре деревьев, активно реагирующие на сернистый ангидрид, окислы азота, тяжелые металлы, фториды.

Для оценки загрязнения окружающей среды в качестве биоиндикаторов используют не только низшие растения, но и высшие – хвойные породы, поскольку они наиболее чувствительны к промышленным и транспортным загрязнениям.

Знание аккумулярующих возможностей различных растений позволит использовать их в качестве естественного «экологического полицейского» для определения эффективности работы очистных сооружений.

**A. V. Guzhieva, E. O. Grafova, R. I. Ajukaev**

*Petrozavodsk State University*

**TO THE CHOICE OF BIO- AND PHYTOTESTINGS METHODS OF LOCAL TREATMENT FACILITIES OVERALL PERFORMANCE OF COUNTRY PLACING OBJECTS  
(Republic of Karelia as an example)**

Last years scales of country building of campings, cottages settlements have multiply increased. Besides it in territory of Russia the numerous fuel companies of type «multinational corporation-BP», «Lukoil» which build gasoline stations (gas station) along highways operate. In connection with a country arrangement such enterprises have independent treatment systems of rain and economic-household sewage.

Besides private enterprises according to the water code of the Russian Federation treatment facilities should be equipped and sites of crossing with highways with water security zones. Now by watersupply and water removal Department it is designed about 250 roadside local treatment facilities and nearby 60 it is constructed and mounted.

Because of remoteness of road objects from cities, there is a necessity to create a quality monitoring behind overall performance of treatment facilities. Watersupply and water removal Department of building faculty together with plants Department of agricultural faculty of the Petrozavodsk state university production experiments by the integrated estimation are made by a method of phytotesting of local treatment system overall performance of rest base located on the bank of Lososinoe lake in suburb of Petrozavodsk. The obtained data shows influence not treated sewage on a reservoir, soils and growth of plants kinds.

With a view of working out of more flexible visual method of phytotesting the literary data on interaction of plants with pollutants is analysed.

One of the most widespread in the north of indicators are lichens. Their reaction to external influence is very strong, and own variability is insignificant in comparison with other organisms.

From all ecological groups of lichens the greatest sensitivity the lichens-epiphytes living on a bark of trees, actively reacting to sulphurous anhydride, nitrogen oxides, heavy metals, fluorides possess.

For an estimation of environmental contamination as bioindicators use not only the lowest plants, but also the higher – coniferous breeds as they are most sensitive to industrial and transport pollution.

The knowledge of heat-sink possibilities of various plants will allow to use them as natural «the Ecological policeman» for definition of overall performance of treatment facilities.

**Т. А. Ефремова**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### **УГЛЕВОДЫ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ЛАБИЛЬНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ**

Органическое вещество (ОВ) в природных водах имеет в основном два источника происхождения. Это аллохтонное ОВ, поступающее с водосбора, образующееся в результате разложения наземной растительности, и автохтонное ОВ, которое образуется в результате протекания продукционно-деструкционных процессов в водоеме.

Влияние физических, химических и биологических изменений на метаболизм экосистемы легче проследить и оценить по индивидуальным основным биохимическим компонентам (углеводам, белкам, липидам и др.).

Основным продуктом первичного продуцирования являются углеводы:

$h\nu$ , хлорофилл

$(n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \{\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n\} + n\text{O}_2 \uparrow)$ . Углеводы преобразуются фитопланктоном в результате клеточного метаболизма, а также затем и метаболизма всей экосистемы.

Данные о количественном и качественном составе углеводов были получены на Онежском озере и некоторых озерах его бассейна в марте – апреле – октябре 2010 г. Природную воду для исследования углеводов, белков, аминокислот отбирали пластиковым батометром объемом 2–3 л в зависимости от трофии водоема и вымораживали до 10–50 мл.

Определение суммарного содержания углеводов проводили по методу Ханда и Дюбуа [Handa, 1966; Dubois et al., 1956] в модификации Бикбулатова и Скопинцева [1974]. Разделение и определение свободных моносахаридов (без гидролиза полисахаридов) осуществляли методом бумажной хроматографии. Подвижной фазой служила смесь н-бутанол – ацетон – вода 2 : 7 : 1.

Нами обнаружено, что суммарная концентрация углеводов в Центральном плесе Онежского озера не превышает 3 мг/л (в среднем 1,8 мг/л), а их средние концентрации в Кондопожской и Петрозаводской губах близки к этим значениям (около 2 мг/л). Однако в евтрофированной части Кондопожской губы содержание углеводов в течение зимнего (2009 г.) и весенне-летнего (2010 г.) периодов выше и составляет в среднем 7 мг/л. В озерах Тарасмозеро и Кедрозеро концентрация углеводов не превышала 1,3 мг/л, в воде р. Лижма их содержание чуть выше – 1,8 мг/л.

Изучение индивидуальных компонентов моносахаридов методом бумажной хроматографии показало, что среди гексоз преобладают глюкоза и манноза, а среди пентоз – ксилоза и рибоза. Следует отметить, что глюкоза найдена во всех исследованных пробах воды.

Определение суммарного содержания углеводов в Онежском озере и озерах его бассейна показало, что углеводы составляют 20–30% от массы автохтонного ОВ.

**А. А. Жукова**

*Белорусский государственный университет*

## **СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОФИТОБЕНТОСА ОЗЕРА НАРОЧЬ**

Озеро Нарочь (площадь – 79,6 км<sup>2</sup>, средняя глубина – 8,9 м, максимальная – 24,8 м) – мезотрофно-олиготрофный полимиктический водоем, расположенный на северо-западе Беларуси. Для озера характерны высокие значения прозрачности (5,5–6,9 м в июле – августе 2004 г.) и обширная литоральная зона. Мелководные участки (до глубины 2 м) занимают 14% площади озера, большая часть этой прибрежной зоны свободна от зарослей макрофитов, что создает благоприятные условия для развития микрофитобентоса. Зона развития активно вегетирующего микрофитобентоса располагается до глубин около 1,5 прозрачности воды по белому диску, максимального развития сообщество достигает на мелководье в периоды штилевой погоды или в затишных участках водоемов.

Данные о продукции, деструкции и содержании хлорофилла в донных отложениях получены в июле – августе 2004 г. на открытых участках литорали оз. Нарочь (глубина 0,5–1,5 м). Донные отложения в озере на небольших глубинах представлены в основном мелким песком, плотность верхнего 1-см слоя донных отложений на исследованных участках (среднее  $\pm$  Sd) составила  $1,85 \pm 0,05$  г/см<sup>3</sup>, содержание суммарного хлорофилла (без коррекции на феопигменты) –  $67,3 \pm 24,9$  мг/м<sup>2</sup> дна при колебаниях от 38,6 до 104,1 мг/м<sup>2</sup>. В пересчете на органическое вещество донных отложений содержание суммарного хлорофилла составило  $0,52 \pm 0,15$  мг/г (размах колебаний – 0,36–0,75 мг/г).

Показатели валовой первичной продукции микрофитобентоса, определенные методом склянок в кислородной модификации, колебались от 0,06 до 2,22 г О<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>·сут, при этом максимальные значения наблюдали при устойчивой штилевой погоде, минимальные – в шторм при сильном перемешивании донных отложений. Средние значения валовой первичной продукции за период исследования составили  $0,91 \pm 0,92$ , деструкции –  $0,35 \pm 0,14$  г О<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>·сут (при диапазоне колебаний от 0,21 до 0,61 г О<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>·сут). Рассчитанные значения Р/В-коэффициента изменялись от 0,03 до 0,32, составив в среднем 0,19 сут<sup>-1</sup>, суточная ассимиляционная активность хлорофилла составила 0,6–28,8 мг С/мг хл-а.

Приведенные данные типичны для микрофитобентоса водоемов умеренных широт.

**A. A. Zhukova**

*Belarusian State University*

## **CHLOROPHYLL CONTENT AND PRUDUCTION-DESTRUCTION PARAMETERS OF MICROPHYTOBENTHOS IN LAKE NAROCH**

Lake Naroch (79,6 km<sup>2</sup>, mean and maximal depths 8,9 m and 24,8 m) is a mesotrophic-oligotrophic polymictic waterbody located in NE of Belarus. The lake is characterized by high water transparency (5,5–6,9 m in July-August 2004) and it has a wide littoral zone. Shallow waters (below 2 m depth) occupy 14% of lake's area. The most part of this area is free from macrophytes that makes favourable conditions for microphytobenthos grows. Active vegetation of benthic microalgae takes place till the bound of 1,5 Secchi depth, maximal growth of the community is registetred in sheltered parts of the lake or in shallow areas during the periods of windless weather.

Data on production, destruction and chlorophyll content in bottom sediments were received in July-August 2004 on open parts of littoral (0,5–1,5 m depths). On small depths the lake's bottom sediments are mainly composed of fine sands. The density of bottom sediments upper 1 cm layer was  $1,85 \pm 0,05$  g·cm<sup>-1</sup> (mean  $\pm$  SD). The total chlorophyll content in bottom sediments (not corrected for pheopigments) averaged  $67,3 \pm 24,9$  mg·m<sup>-2</sup> (variation range was 38,6–104,1 mg·m<sup>-2</sup>). Recalculated on organic matter the total chlorophyll content in bottom sediments made up  $0,52 \pm 0,15$  mg·g<sup>-1</sup> (variation range was 0,36–0,75 mg·g<sup>-1</sup>).

Microphytobenthos gross primary production measured by modified light and dark bottles oxygen method ranged from 0,06 to 2,22 g О<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·day<sup>-1</sup>. Maximal values were observed during steady windless

weather, minimal ones at stormy weather when bottom sediments were strongly mixed. Average values of gross primary production for the investigated period were  $0,91 \pm 0,92$ , values of destruction were  $0,35 \pm 0,14 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$  (ranging from 0,21 to  $0,61 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ ). Calculated values of P/B coefficient varied within the limits 0,03–0,32, making up on average  $0,19 \text{ day}^{-1}$ , daily chlorophyll assimilation activity ranged from 0,6 to  $28,8 \text{ mg C} \cdot \text{mg chl-}a^{-1}$ .

The obtained data are typical for microphytobehntos in waterbodies of temperate zone.

**Н. В. Крутских, М. В. Кричевцова**

*Институт геологии КарНЦ РАН*

## **ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО**

Озеро Четырехверстное расположено на юго-восточной окраине г. Петрозаводска, в пределах холмистой моренной равнины. До 90-х гг. XX в. на северо-восточном берегу находилась фабрика валяльно-войлочного производства, которая сбрасывала в озеро все жидкие отходы.

С целью геоэкологической оценки состояния водоема отобраны пробы воды и донных отложений. Химический анализ проведен в аналитической лаборатории Института геологии КарНЦ РАН методом ICP-MS.

По полученным данным микроэлементного состава отобранных проб донных отложений определен коэффициент опасности ( $K_0$ ), который представляет собой отношение концентрации веществ в пробе к их ПДК. Анализ данных показал, что самыми распространенными загрязнителями являются As, Pb, Zn, Cu, Sb, Mn.

Элементы первого класса опасности (As, Pb, Zn) отмечаются повышенными значениями  $K_0$  практически в каждой пробе. Особенно высока концентрация мышьяка (от 3 до 20,5 ПДК). Загрязнение по цинку относится к высокому уровню, средний  $K_0 = 2,74$ . Общий уровень загрязнения по свинцу также высокий, средний  $K_0 = 2$ , но в большинстве проб  $K_0$  не превышает 1,5.

Из загрязняющих элементов, относящихся ко второму классу опасности (Cu, Sb), наибольший уровень загрязнения у меди. В большей части проб он отмечен значениями  $K_0$  от 1 до 3,5, но в целом характеризуется как низкий (средний  $K_0 = 1,6$ ). Сурьма имеет незначительное превышение только по одной пробе, что говорит о минимальном загрязнении исследуемой территории этим элементом.

Содержание марганца (третий класс опасности) характеризуется низким уровнем загрязнения (средний  $K_0 = 1,61$ ), однако в пробах, отобранных в ручье Каменный,  $K_0$  равен 18,8 и 15,1, что соответствует «очень высокому» уровню загрязнения.

В целом наибольшее загрязнение тяжелыми металлами по донным отложениям наблюдается по северо-западному берегу озера, вдоль которого расположены здания бывшей валяльно-войлочной фабрики и жилые застройки. Минимальный уровень загрязнения практически по всем элементам характерен для юго-западного, юго-восточного берега озера, окруженного лесным массивом. Высокие концентрации Mn, Zn, Pb, отмеченные по течению ручья Каменного, свидетельствуют о влиянии автомобильной и железной дорог, пересекающих водоток.

**Н. Е. Кулакова**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЙОНА КОСТОМУКШИ ПО КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД**

Произведена оценка загрязнения системы р. Кенти по кратности разбавления техногенных вод. При расчете  $K_{\text{разб}}$  необходимо учитывать приоритетные консервативные компоненты, концентрация которых в сточных водах существенно отличается от природного фона. Кратность

разбавления техногенных вод Костомукшского ГОКа в системе р. Кенти, отличающихся высоким содержанием минеральных веществ, оценивалась по средневзвешенному содержанию  $K^+$  и  $SO_4^{2-}$ . Установлено, что разбавление техногенных вод, полученное по содержанию  $K^+$  и  $SO_4^{2-}$ , остается постоянным в многолетнем плане и совпадает со значениями, рассчитанными по водному стоку.

**N. E. Kulakova**

*Northern Water Problem Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

## **WATER BODIES POLLUTION ASSESSMENT IN KOSTOMUKSHA BY DILUTION FACTOR OF ANTHROPOGENIC WATER**

The article deals with estimation of Kenti lake-river system pollution by dilution factor of anthropogenic waters. The method based on dilution factor calculation by using content of conservative matters, which are specific for each source of anthropogenic contamination. Dilution factor was calculated for anthropogenic waters of mining processing plant, located in Kostomuksha city, discharged in Kenti lake-river system and characterized by high concentrations of mineral matter. Anthropogenic waters dilution in Kenti lake-river system was estimated by weighted average content of  $K^+$  and  $SO_4^{2-}$ . Established that dilution factor, calculated by content of  $K^+$  and  $SO_4^{2-}$  is permanent in many years period and is the same as values, calculated by aqueous runoff.

**Л. С. Лебедева<sup>1</sup>, О. М. Семенова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Государственный гидрологический институт*

## **ГЛУБИНА ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВЫ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ: АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Целью данного исследования стал анализ факторов, определяющих глубину сезонного протаивания почвогрунтов в зоне многолетней мерзлоты, и оценка ее влияния на процесс формирования речного стока. Актуальность рассматриваемой темы обусловлена возрастающим интересом к арктическим территориям и процессам, протекающим в зоне многолетней мерзлоты.

В качестве методологической основы исследования использована детерминированная физически обоснованная распределенная модель формирования стока «Гидрограф». Объектом изучения стали данные наблюдений за переменными состояниями малого водосбора ручья Контактного на Колымской водно-балансовой станции.

Основные задачи исследования включали в себя систематизацию свойств почвенно-растительного покрова для различных ландшафтов в зоне многолетней мерзлоты, оценку и уточнение физических параметров модели «Гидрограф» на основе данных наблюдений, а также моделирование процессов формирования стока, в том числе протаивания и промерзания деятельного слоя. Принятый подход дает возможность систематизировать параметры, описывающие формирование стока в данных природных условиях, и использовать их для моделирования в сходных районах Северо-Востока России. Этому благоприятствует тот факт, что условия Колымской станции являются репрезентативными для обширной территории Северо-Восточной Сибири.

Опыт отечественных исследований в области моделирования стока в районах распространения многолетней мерзлоты свидетельствует о том, что изменения температуры и фазовые переходы в почве оказывают ключевое влияние на гидрологические процессы, определяя возможности инфильтрации воды в почву и формирование поверхностного, почвенного или подземного стока, поэтому этим процессам в данной работе было уделено основное внимание.

Работа была выполнена при поддержке Российско-Германской Лаборатории полярных и морских исследований им. Отто Шмидта в рамках гранта OSL-10-23.



**L. S. Lebedeva<sup>1</sup>, O. M. Semenova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *St. Petersburg State University*

<sup>2</sup> *State Hydrological Institute, St. Petersburg*

## **ACTIVE LAYER DEPTH AS A KEY FACTOR OF RUNOFF FORMATION IN PERMAFROST: PROCESS ANALYSIS AND MODELLING USING THE DATA OF LONG-TERM OBSERVATIONS**

Modelling of state variables is crucial for understanding of runoff formation processes within particular conditions. In permafrost zone seasonal thawing and freezing has critical impact on hydrological processes. Active layer depth relates to soil properties as well as other landscapes components such as vegetation and topography.

To investigate all aspects of complicated hydrological processes in the permafrost zone it's necessary to have long-term high-quality measurements. They are provided by little number of small research basins. One of them is Kolyma water-balance station in Russia.

The consecutive modelling of soil freezing-thawing processes and runoff was conducted for the Kolyma station. The special attention was paid to processes of heat dynamic in permafrost soils. The physically-based deterministic distributed hydrological model «Hydrograph» was applied.

The study was supported by the Russian-German Otto Schmidt Laboratory of Polar and Marine Research in 2010 within the grant OSL-10-23.

**В. А. Левданская**

*Белорусский национальный технический университет*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Значительную нагрузку на природную среду в Республике Беларусь оказывают, прежде всего, выхлопные газы автотранспорта (количество частных легковых машин приближается к 3 млн), выбросы объектов теплоэнергетики и промышленных предприятий. Усугубляет обстановку отсутствие достаточного количества замкнутых и безотходных производств, а также эксплуатация недостаточно совершенного технологического оборудования.

Одним из путей выхода из сложившейся ситуации является подготовка квалифицированных инженерных кадров, способных на рабочих местах грамотно применять знания в различных отраслях промышленности, теплоэнергетике с внедрением передовых технологий, отвечающих мировым экологическим стандартам. Совершенствование автопарка, переход на альтернативные местные источники энергии, энергосберегающие технологии и сертификация промышленных предприятий позволят улучшить экологическую обстановку в республике, а также сделают белорусскую продукцию конкурентоспособной на мировом рынке.

С этой целью в Белорусском национальном техническом университете преподается курс экологии. Дисциплиной предусматривается формирование у студентов экологического императива с учетом особенностей специализации.

Теоретической частью курса экологии предусмотрено изучение закономерностей взаимодействия общества с природой, влияние биосферных изменений на человека и общество, анализ причин возникновения современных глобальных и региональных проблем. Должное внимание уделяется основным принципам устойчивого развития и рационального использования природных ресурсов. Важным моментом в подготовке инженерных кадров является изучение нормативно-правовой базы и умение ее использовать на практике.

В заключительной части теоретического курса дается аналитический материал по отраслевым источникам загрязнения окружающей среды с указанием возможных совершенных путей решения проблемных вопросов.

**Т. П. Липинская**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам*

## **ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА ДНЕПРА**

Исследования проведены в бассейне р. Днепр – Уша (река второго порядка), Бобр (река третьего порядка), Гайна (река четвертого порядка). Выбор створов был произведен таким образом, чтобы на данных участках рек отсутствовали прямые источники загрязнений, а сама река характеризовалась естественным режимом (отсутствие мелиоративных мероприятий). Данный регион малоизучен с точки зрения макрозообентоса, поэтому проведенные исследования позволили расширить представление о биологическом разнообразии фауны рек.

В результате проведенных исследований выявлено 50 видов водных беспозвоночных, относящихся к 44 родам, 39 семействам, 6 классам, 4 типам. Надо отметить, что определение отдельных систематических групп, таких как Oligochaeta, Diptera и некоторых других, ограничивалось крупными таксонами.

Самой многочисленной по видовому составу таксономической группой среди изученных гидробионтов оказались представители класса насекомых – 64% (от общего числа всех видов водных беспозвоночных). Всего обнаружено 32 вида насекомых, относящихся к 6 отрядам: Heteroptera – 11 видов, Odonata – 4, Trichoptera – 7, Ephemeroptera – 5, Coleoptera – 4 и Lepidoptera – 1. Наибольшее видовое богатство характерно для отряда водных клопов – 34,38% (от всех выявленных насекомых в исследуемых реках); значительная доля приходится на ручейников – 21,88%. Следует отметить, что среди изученных насекомых более трети – 37,5% – составляют виды, относящиеся к реофильному комплексу (ручейники и поденки). Суммарный процент поденок, веснянок и ручейников (ЕРТ) на этих реках оказался практически одинаковым: р. Гайна – 49,54%, р. Уша – 49,46%.

Количество найденных видов в реках варьировало от 20 до 27 и мало зависело от порядка реки. Так, наибольшее количество таксонов было в реке второго порядка (Уша), а наименьшее – в реке четвертого порядка (Гайна).

**T. P. Lipinskaya**

*Scientific and Practical Centre on Bioresources National Academy of Science of Belarus*

## **STRUCTURE BENTHIC COMMUNITY OF SMALL RIVERS DNIEPER BASIN**

Researches have been conducted in the basin of River Dnieper – Usha River (river of second order), Beaver River (third order), Gaina River (4th order) in October 2010. The choice of sites was made so that at these sites any direct or indirect sources of pollution were lacked, and the river itself was characterized by a natural regime (absence of ameliorative measures, dams, etc.). Macrozoobenthos samples were collected in accordance with ISO 7828 by using hydro-biological nets in the littoral zone at a depth of 0,5–0,7 m.

At the result of research 50 species of aquatic invertebrates belonging to 44 genera, 39 families, 6 classes, 4 types were mentioned. The definition of certain taxonomic groups such as Oligochaeta, Diptera and some other were limited to major taxa. Representatives of the Class Insecta – 64% (of the total number of aquatic invertebrates species) were the most numerous taxonomic group. It should be noted that among the studied insects more than a third – 37,5%, are species related to rheophil complex (caddis and mayflies).

The largest number of taxa was in the river of the second-order (Usha), and the smallest – in the river of the fourth order (Gaina). The total percentage of mayflies, stoneflies and caddisflies (EPT) on these rivers was almost identical: Gaina River – 49,54%, Usha River – 49,46%. Accordingly, the number of rheophil species in these rivers were also the same.

In trophic structure of macrozoobenthos community of the studied rivers representatives of collectors and scrapers were a leader among all trophic group and their percentage ranged from 48,83% (Beaver River) to 70,04% (Usha River). Number of predators ranged from 5,72% to 18,39%.

Increased collectors percentage, as well as reducing the share scrapers and predators indicate that the trophic structure of macrozoobenthos simplified as a result of change of ecological quality of water.

This region poorly studied from the point of view of macrozoobenthos, and this research has enhanced the understanding of biological diversity of fauna of small rivers.

**А. Н. Максимова (Корзакова)**

*Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения*

**ПРОЕКТ: «ЭКОДОМ: УТОПИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?»**

Для России строительство энергоэффективных домов – дело до сих пор новое. Экомодернизация домов в России вызвана в основном тем, что тарифы на энергоресурсы начали расти.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- «Экодом» и его значение;
- Основные принципы и архитектура экодома;
- Преимущества таких домов;
- Экологические дома в России;
- Экологические дома в Ленинградской области;
- Расчет капитальных затрат на постройку экодома площадью 100 м<sup>2</sup> в СЗ регионе.

Цель: рассмотреть опыт строительства экодомов и спроектировать свой экодом.

Задача: убедить окружающих, что строительство удобного, «здорового» экологического дома сегодня вовсе не утопия, а необходимая реальность.

Обобщив полученные результаты, я предлагаю собственный проект «экодома» с использованием лучшего из имеющегося и применительно к условиям Северо-Западного региона. Многие составляющие концепции пассивного дома вполне реализуемы в России. Так, при реконструкции жилого фонда уже успешно применяют технологии, способствующие повышению энергоэффективности зданий. Правда, практическое внедрение энергосберегающих технологий на первых порах стоит недешево. Однако, как показывают расчеты, большие капитальные затраты быстро окупаются за счет низких эксплуатационных расходов. То есть вложение в энергосберегающие решения можно считать долгосрочной и весьма надежной инвестицией.

Реализация проекта «Экодом» и последующее широкомасштабное использование заложенных в него технологий должно решить самые актуальные задачи нашего времени: обеспечение жителей России комфортным жильем, построенным и эксплуатируемым на основе ресурсо- и энергосберегающих технологий с использованием местных материалов, и экологизация коммунально-бытового сектора.

**A. N. Maximova (Korzakova)**

*St. Petersburg State University of Cinema and Television*

**PROJECT: «PASSIVE HOUSE: UTOPIA OR REALITY?»**

Construction of energy-efficient houses is still new for Russia.

Eco modernization of houses in Russia is due to the increase in energy tariffs.

The list of the issues:

- «Passive house» and his value;
- Basic principles and architecture of passive house;
- The benefits of such houses;
- Passive house in Russia;
- Passive house in Leningrad region;
- Calculation of capital outlay to build Passive house with area 100 m<sup>2</sup> in the North-West region.

Objective: Consider the experience of building passive house, and design my passive house.

Problem: Convince others people that today the construction of a comfortable, «healthy» passive house is not utopia, but it's a necessary reality.

Summarize the results, I suggest that my own project «Passive house» with using the best available and applicable to the conditions of the North-West region material. Many components of the concept of passive houses are quite feasible in Russia. So, the reconstruction of housing is already successfully using technologies that improve energy efficiency in buildings. True, the practical implementation of energy-saving technologies at the beginning is not cheap. However, calculations show that the large capital outlay quickly pay for themselves through lower operating consumption.

We can conclude that investment in energy-efficient solutions can be considered a long-term and very safe investment.

Implementation of the project «Passive house» and the subsequent widespread use of technology embodied in it should solve the most pressing challenges of our time: providing residents of Russia comfortable housing, built and operated on the basis of resource- and energy-saving technologies using local materials and ecological aspects of the domestic sector.

**А. А. Минина**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

### **КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ПРИМЕСИ В ВОДНОМ ОБЪЕКТЕ**

Уровень воздействия на водные объекты растет с каждым днем. В связи с тем что полностью устранить загрязнение невозможно, встает вопрос об экологическом мониторинге состояния водных объектов. Подходов к мониторингу существует огромное множество. Мониторинг водного объекта с измерениями во всех заданных точках требует  $N$  замеров. В докладе предлагается рассмотреть подход осуществления мониторинга водного объекта, базирующийся на ограниченном числе измерений, для одного источника измерения концентраций необходимо произвести в трех местах отбора проб, с оценкой характеристик источника и области его влияния, регулярности проведения мониторинга для оценки и прогнозирования состояния исследуемого объекта. Модель динамического поля концентраций примеси загрязняющих веществ (ЗВ) в водном объекте [2], основывающаяся на косвенных измерениях характеристик источника примеси, позволяет существенно сократить число измерений и спрогнозировать динамику примесей, поступающих или имеющихся в водном объекте, в пространственно-временной области [1].

Основной акцент в докладе ставится на то, что, отталкиваясь от моделей и данных, полученных гидрологами при описании водного объекта и динамики поля концентраций примесей ЗВ [3], с помощью ограниченного числа измерений можно осуществить мониторинг и прогнозирование развития экологической ситуации в водном объекте, а также оценить точность получаемых результатов.

Будем ориентироваться на то, что сложнее всего измерить на практике, на наш взгляд, интенсивность эквивалентного источника примеси ЗВ. В докладе рассматривается способ косвенных измерений интенсивности эквивалентного источника примеси, а также его местоположения на основе системы из трех аналитических уравнений, для решения которой необходимо провести измерения концентраций ЗВ на рассматриваемом участке водного объекта, при этом для одного источника необходимо произвести всего три замера концентраций. Модель динамического поля концентраций в водном объекте позволит спрогнозировать поле распространения концентраций примесей ЗВ в пространственно-временной области. Точность получаемых результатов можно оценить при помощи метрологического анализа [4].

Литература:

1. Астраханцев Г. П., Меншуткин В. В., Петров Н. А., Руховец Л. А. Моделирование экосистем больших стратифицированных озер. СПб., 2003.
2. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод. М., 1988. 148 с.
3. Вольцингер Н. Е., Пясковский Р. В. Теория мелкой воды, океанографические задачи и численные методы. Л., 1977. 208 с.
4. Цветков Э. И. Основы математической метрологии. СПб., 2005.

**A. A. Minina**

*St. Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

## **INDIRECT MEASUREMENTS OF IMPURITY SOURCE CHARACTERISTICS IN WATER OBJECT**

Influence level on water objects grows every day. Because it is impossible to eliminate pollution completely, there is a question on ecological monitoring of water objects condition. There are a lot of approaches to monitoring. Monitoring of water object with measurements in all set points demands  $N$  measurements. In the report it is offered to consider the approach of water object monitoring realization, based on the limited number of measurements, for one source – measurements of concentration are necessary for making in three places of sampling, with an estimation of source characteristics and area of its influence, a regularity of carrying out of monitoring for an estimation and forecasting of investigated object condition. The model of a dynamic field of polluting substances (PS) impurity concentration in water object, based on indirect measurements of impurity source characteristics, allows to reduce essentially number of measurements and to predict dynamics of the impurity which are arriving or available in water object, in existential area.

The basic accent in the report is put that making a start from models and the data received by hydrologists at the description of water object and dynamics of a field PS impurity concentration, by means of the limited number of measurements to carry out monitoring and forecasting of an ecological situation development in water object, and also to estimate accuracy of received results.

Let's be guided by that it is the most difficult to measure in practice, in our opinion, it is intensity of PS impurity equivalent source. In the report the way of indirect measurements of intensity of PS impurity equivalent source, and also its site on the basis of system from three analytical equations for which decision it is necessary to spend measurements of PS concentration on a considered site of water object is considered, thus it is necessary to make only three measurements of concentration for one source. The model of a dynamic field of concentration in water object will allow to predict field of PS impurity concentration distribution in existential area. Accuracy of received results can be estimated by means of the metrological analysis.

**Вида Мотицакайтис, Лорета Степоненайте**

*Университет Миколаса Ромериса*

## **МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ЛИТВЕ**

Вода – возобновляемый ресурс недр земли, дающий и поддерживающий жизнь, в природе проявляющийся в различных формах. Это сложная веками действующая в мире система. Более того, вода также очевидное лицо изменения климата. Наибольшие вызовы окружающей среде, экономические и социальные проблемы, отражающие современную общественную жизнь, явления природы, возникающие вследствие недостатка или излишка воды, – это повышающийся уровень моря, засухи и наводнения, бури и ураганы, тающие вершины ледников, разбиваемая земля и плотины – болезненные последствия всего этого побуждают страны принимать немедленные решения, объединяться государственным учреждениям, частным компаниям, негосударственным учреждениям, ученым и, таким образом, искать более выгодные для людей и окружающей среды средства и методы. Ведь не напрасно древнейшие цивилизации мира искали побережья, оседали в долинах крупнейших рек мира.

Выявляются причины, почему в мире наблюдается недостаток пресной, особо чистой воды: постоянно растет население, семимильными шагами развиваются промышленность и сельское хозяйство. Между тем без воды невозможно представить большинство областей человеческой деятельности. И ее потребность в густонаселенном мире все растет. Вызовы этого столетия, непосредственно влияющие на окружающую среду, в том числе и на один из важнейших ее компонентов – воду, заставляют нас спрашивать себя: «Может ли гармоничное развитие помочь эффективно позаботиться о нашей воде?» Литва также неизбежно сталкивается с проблемой водных ресурсов.

Сегодня нашим рекам, озерам, Балтийскому морю наибольший урон наносят промышленность, бытовые и дождевые сточные воды, неправильно используемые удобрения, вымываемые с дождем с сельскохозяйственных полей. Для принятия решений по этим проблемам и их приведения в жизнь соблюдаются действующие в стране важнейшие юридические документы, законодательство, учрежден государственный аппарат, издающий законы, более того, хотелось бы рассчитывать на трансформацию общественного мнения в сбережении одного из ценнейших ресурсов земли. В статье раскрывается действующая на сегодняшний день в Литве модель водных ресурсов. Цель статьи – модель управления водными ресурсами в Литве. Цель доклада: оценить значение управления водными ресурсами Литвы в отношении общего состояния окружающей среды. При проведении качественного исследования применялся литературный метод и метод сравнительного анализа. Задачи, поставленные для достижения цели: систематизировать важнейшие причины, обусловившие особенности действующей сегодня в Литве модели управления водными ресурсами; моделировать управление водными ресурсами в Литве. На основании результатов исследования приводятся выводы и рекомендации с целью развития действующей на сегодняшний день в Литве модели управления водными ресурсами. Более того, в основу положены примеры хорошей практики других стран для обеспечения гармоничного развития в использовании водных ресурсов.

**Vida Motiekaitite, Loreta Steponenaite**

*Mikolas Romeris University*

## **WATER RESOURCE MANAGEMENT MODEL IN LITHUANIA**

Water is a renewable resource of the earth, which gives and supports life and manifests itself in various forms in nature. It is a complex system that exists for millions of centuries in the world. Moreover, water is also an obvious reflection of climate change. Life of contemporary societies leads to the greatest challenges to the environment, economic and social problems caused by natural phenomena arising from lack or excess of water; for example, rising sea level, droughts and floods, storms and hurricanes, melting ice caps. These painful consequences prompt countries to take immediate decisions on joining governmental institutions, private companies, non-governmental organizations, and scientists in a search for tools and techniques favourable to people and environment. It is not in vain the ancient civilizations of the world looked for the coasts and settled in valleys of the world's largest rivers.

The reasons of a great lack of fresh, pure water in the world are growing population and incredibly high development rate of industry and agriculture. Meanwhile, without water it is impossible to imagine most types of human activity. Challenges of this century, directly affecting the environment, including one of its major components – water – makes us asking ourselves «Can the employment of sustainable development provide help to care effectively of our water?» Lithuania also encounters specific problems related to water resources. Today, our rivers, lakes, and the Baltic Sea mostly suffer from the industry, domestic sewage, and rainwater, and improperly used fertilizers washed off agricultural fields in rain (Baltic Environmental Forum, 2010). Decision-making and implementation are based on observing state's applicable fundamental legal documents and legislation; the state apparatus established for issuing and executing laws; transformation of public attitude towards protection of one of the most valuable natural resources here also counts. The article reveals currently operating model of water resources in Lithuania. The subject of the article is model of the water resource management in the country. Purpose of the report is to assess an impact of water resource management in Lithuania to the general state of the environment. The qualitative study uses methods of literature and comparative analysis. The article aims to achieve the following objectives: systematization of the major reasons leading to the features of today's model for water resources management in Lithuania, and simulation of water resource management in Lithuania. The study results in a number of recommendations on how to implement effectively policy of the water resource management in Lithuania, and summarizes optimal and efficient solutions to ensure sustainable development use.

**А. В. Мошенцева, М. А. Носов**

*Московский государственный университет*

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОЧАГА ЦУНАМИ ПО ОСТАТОЧНЫМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОЛЯМ**

Оперативный прогноз цунами – сложная задача. Однозначно определить факт возникновения и амплитуды волны по значению магнитуды землетрясения невозможно. Для подтверждения или отмены тревоги цунами используют факт регистрации волны ближайшей к источнику станцией уровня моря. Очевидно, что в целях оперативного прогноза требуется привлечение дополнительной информации, указывающей на возникновение волны цунами. В качестве такой информации мы предлагаем использовать остаточные гидродинамические поля, формирующиеся вблизи очага цунами.

В данной работе предложен метод расчета остаточных гидродинамических полей в очагах цунами сейсмотектонического происхождения. Остаточное поле представлено двумя составляющими: потенциальной и вихревой. Потенциальная составляющая – горизонтальные смещения частиц воды, возникающие в результате вытеснения объема воды деформацией дна. Вихревая составляющая – геострофический вихрь, образующийся вблизи очага под действием силы Кориолиса.

Математическая модель строится на основе теории длинных волн. Расчетная область предполагается достаточно малой, с тем чтобы можно было пренебречь сферичностью Земли. Поэтому задача рассматривается в прямоугольной системе координат. В итоге задача сводится к решению уравнений второго порядка относительно потенциала и функции тока. Задача решается численно итерационным методом.

Получены оценки горизонтальных смещений частиц воды и скорости течения в вихре для источника цунами 15.11.2006 на Центральных Курилах. В области больших глубин (несколько тысяч метров) горизонтальное перемещение частиц воды порядка нескольких метров, на мелководье может превышать 100 м. Скорость течения в вихре  $\sim 10^{-3}$  м/с на глубине, а на мелководье скорость до  $10^{-2}$  м/с.

**Д. В. Немцева<sup>1</sup>, М. С. Богданова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Карельская государственная педагогическая академия*

<sup>2</sup> *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

## **ЗАРАСТАНИЕ ОЗЕР В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕРНОЙ (ПУДОЖСКИЙ РАЙОН)**

Интенсивная хозяйственная деятельность на территории водосборов малых озер заметно ускоряет скорость процесса зарастания водоемов. Это в первую очередь связано с поступлением в водоемы питательных веществ и продуктов эрозии с водосбора, испытавшего на себе антропогенное преобразование. В таких водоемах возникают своеобразные экологические условия, которые способствуют активному развитию высшей водной растительности и зарастанию водоема, приводя к изменению структуры озерной экосистемы в целом.

В качестве объекта исследования был выбран зарастающий водоем – оз. Карельское, водосбор которого подвергался осушительной мелиорации. В летний период 2009 и 2010 гг. на водоеме были проведены полевые исследования по изучению морфометрии озера, видового состава высшей водной растительности, а также особенностей берегов водоема. Было проведено картографирование и фотофиксация водных и прибрежных растительных ассоциаций.

Высшая водная растительность в оз. Карельском развивается очень обильно. Анализ космических снимков позволил рассчитать степень зарастания озера: линейное – 77,5% и площадное – 50%. По берегам озера распространены ивовые тростниково-хвощово-камышевые с редкой березой растительные ассоциации. Как правило, в видовом составе этих сообществ участвуют камыш, вахта трехлистная и осоки *sp.* В центральной части акватории озера распространены кубышковые и рдестовые растительные сообщества. Общее проективное покрытие гидрофитов в 2010 гг. достигало 60–75% от площади зеркала озера. Возможно, такое обильное развитие растительности вызвано аномально жарким летом.



На процесс зарастания озера большое влияние оказало антропогенное воздействие, связанное с понижением уровня озера и поступлением большого количества питательных веществ с территории водосбора по мелиоративной сети, которое вызвало обильное развитие макрофитов. В результате проведенных исследований на оз. Карельском можно сделать вывод о том, что данный водоем является эвтрофным.

В дальнейшем планируется продолжение исследований водоема и ландшафтной структуры его водосбора.

**D. V. Nemtseva<sup>1</sup>, M. S. Bogdanova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Karelian State Pedagogical Academy*

<sup>2</sup> *Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

### **OVERGROWING OF LAKES IN CHYORNAYA RIVER DRAINAGE BASIN (PUDOZHISKY DISTRICT)**

Intensive human use of catchments of small lakes notably accelerates the rate of overgrowing of the waterbodies. The principal factors are supply of nutrients and weathering products from the catchment exposed to anthropogenic transformation. There form certain ecological conditions which favour active development of higher aquatic vegetation and overgrowing of the waterbody, causing a change of the whole lake ecosystem.

The study object of our choice is the overgrowing Lake Karelskoye, which catchment has been drained. In the summer season of 2009 and 2010 we carried out surveys to study the lake's morphometry, species composition of the higher aquatic vegetation, as well as characteristics of the shore. Aquatic and coastal plant associations were mapped and photographed.

Higher aquatic vegetation in Lake Karelskoye is developing amply. The degree of overgrowing was computed from satellite images: linear – 77,5% and areal – 50%. Willow reed-horsetail-bulrush plant associations with rare birch are common along the lake shore. As a rule, the species composition of these communities comprises bulrush, buckbean and sedges. Yellow pond-lily and pondweed communities are widespread in the central part of the lake. Total percent cover of hydrophytes in 2010 was 60–75% of the lake water surface area. Such abundant vegetation development was presumably due to the abnormally hot summer.

The overgrowing process was much influenced by human activities, as they caused a drop in the lake level and influx of substantial amounts of nutrients from the catchment via the drainage facilities, resulting in intensive development of macrophytes. One can conclude from the studies that Lake Karelskoye is a eutrophic waterbody.

We plan to continue study of the lake and the landscape structure of its drainage basin.

**Н. Н. Огородникова<sup>1</sup>, И. В. Федорова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*

### **РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ПРОТАИВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ о. САМОЙЛОВСКОГО (ДЕЛЬТА РЕКИ ЛЕНА)**

В последнее время возрос интерес к процессам, связанным с глобальным изменением климата, что делает актуальным и изучение гидрологических процессов на территориях распространения многолетнемерзлых пород. Климатические изменения в зоне вечной мерзлоты, в первую очередь, сказываются на изменении глубины протаивания/промерзания.

Традиционно для расчета глубины протаивания многолетнемерзлых пород чаще всего используются три формулы: формулы Стефана, Лейбензона и Кудрявцева. Анализ применимости формул входной информации показал, что наиболее часто используют задачу Стефана, решение которой рассматривалось учеными с разных точек зрения, но в основе всегда лежала постановка задачи промерзания/протаивания с образованием границы фазовых переходов.

Для изучения глубины протаивания был выбран о. Самойловский (дельта р. Лена). Экспедиционные данные за период с 2003 по 2007 г. были предоставлены участниками российско-германского проекта «Лена», проводимого Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом и Германским институтом полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера.

Анализ температуры воздуха и почвы за летние сезоны 2003–2007 гг. показал, что температура воздуха на высотах 0,5 м и 2 м от поверхности земли и температура на поверхности почвы имеют сходный характер, в то время как температура почвы на глубине 2,71 м изменяется плавно и увеличивается до 8 °С с июля по сентябрь из-за проникновения тепла в почву. Наиболее холодным был 2004 г., а самым теплым – 2003 г., наибольшая измеренная глубина протаивания достигла 0,17 м в июне 2004 г. и 0,46 м в сентябре 2006 г. Рассчитанная по формуле Стефана глубина протаивания многолетнемерзлых пород о. Самойловский за период 2003–2007 гг. достигает максимального значения в июле 2003 г. и составляет 0,37 м, а в 2004 г. – 0,17 м.

Сравнение рассчитанных и измеренных данных показало достаточно хорошую сходимость, но возможны некоторые неточности, связанные с проблемой осреднения и недостаточности данных измерений. Таким образом, формула Стефана может использоваться для расчета мощности активного (сезонного) слоя, но при необходимости получения средних за месяц и сезон данных. Для более точных, суточных и декадных, расчетов необходима разработка новых методов расчета, позволяющих использовать данные современных автоматических измерений.

Другой проблемой, мешающей проведению точных модельных расчетов глубины протаивания/промерзания, является недостаточность экспериментальных станций, на которых производились бы измерения всех необходимых параметров и характеристик.

В дальнейшем на основе данных станции о. Самойловского планируется разработка метода расчета мощности протаивания/промерзания с учетом современных данных и недостатков используемых моделей.

**N. N. Ogorodnikova<sup>1</sup>, I. V. Fedorova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *St. Petersburg State University*

<sup>2</sup> *St. Petersburg, Arctic and Antarctic Research Institute*

## **MODELING OF ACTIVE LAYER DEPTH ON SAMOYLOV ISLAND (LENA RIVER DELTA)**

The recently aroused interest to the processes connected with global climate change makes hydrological process studies on permafrost territories important. First of all, climate changes affect the variability of frozen/thawing depth.

There are different models and equations of calculation. Stephan, Leibenzon, Kudryavtsev equations are widespread. Incoming information formula use analysis has shown that Stephan formula tend to be used more frequently. Scientists examined it is solution from different point of views, nevertheless, the main task to determine the thawing depth with phase transition was taken as a basis.

Samoylov Island in the Lena delta was chosen for the territory of researches. Data on location from 2003 to 2007 was obtained as the result of Russian-German «Lena» project organized by Arctic and Antarctic research institute and German Alfred Wegener Institute.

Summer period air and soil temperatures analysis has shown that 2 and 0,5 m and surface height temperature had similarities while the 2,71 m depth temperature changed smoothly and grew up to 8 °C from July to September due to the warmth intrusion. The coldest year had 0,17 m (june) and 2006 had 0,46 m thawing depth. According to the Stephan's formula the depth should have had the meaning of 0,37 m (2003) and 0,17 m (2004).

The comparison of formula results and data has revealed the similarity although there might be some inaccuracies connected with lack of measurements and averaging. Thus, Stephan formula can be used for the active layer thickness calculation under the month and season average data obtaining conditions. The more accurate daily and decade data involves new methods of processing, which would allow modern automatic measurement usage.

The lack of experimental stations with all measurements needed also prevents from accurate model calculating.

Thawing depth calculating method development considering modern information and model disadvantages based on Samoylov Island data is planned to take place henceforth.

**О. В. Панюшкина, Е. О. Графова**

*Петрозаводский государственный университет*

**ПРОБЛЕМЫ СБОРА И ОЧИСТКИ ДОЖДЕВОГО И ТАЛОГО СТОКА С ДОРОЖНОГО  
ПОЛОТНА АВТОДОРОГИ «КОЛА» (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – НОРВЕЖСКАЯ ГРАНИЦА)  
В МЕСТАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ВОДООХРАННЫХ ЗОН**

По проекту реконструкции автодороги от Санкт-Петербурга до норвежской границы (через Петрозаводск, Мурманск, Печенгу) в водоохраных зонах при пересечении рек, озер, болот предусматривается установка локальных сооружений для очистки дождевого и талого стока от нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Очистка всего стока с канализуемых участков дороги невозможна по экономическим соображениям. По проекту большая часть стока направляется на рельеф, и только в прибрежной полосе сток собирается и направляется на очистку.

Цель научно-исследовательской работы, которая проводится под руководством профессора Рената Исхаковича Аюкаева, – обосновать предельно допустимые площади придорожной территории, на которых может произойти самоочищение дождевого стока. Планируется изучить особенности взаимодействия нефтепродуктов в малых концентрациях с торфом, травой, грунтом в условиях Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелия.

Такой же теме была посвящена дипломная работа О. В. Панюшкиной на эколого-биологическом факультете ПетрГУ под руководством к. г. н. Натальи Александровны Белкиной. Нами изучены виды нефтепродуктов, условия их взаимодействия с донными отложениями северной и южной частей Беломорско-Балтийского канала. Изучены методики определения видов и концентраций нефтепродуктов, их изменений во времени, зависимость от температуры воды, концентрации растворенного в воде кислорода. Особенностью изучаемой системы станет периодически меняющееся «сухое – мокрое» состояние сорбента и сорбата, «наличие – отсутствие» ультрафиолетового солнечного облучения, резкие колебания температур в ночное и дневное время, по сезонам года. Предполагается построение и анализ математической модели изучаемой системы, решение ряда оптимизационных задач. В этом разделе работы принимает участие профессор, д. ф.-м. н. Евгений Викторович Веницианов (Институт водных проблем РАН, Москва).

**O. V. Panyushkina, E. O. Grafova**

*Petrozavodsk State University*

**PROBLEMS OF COLLECTION AND TREATMENT OF RAIN AND THEWED SEWAGEFROM  
THE HIGHWAY FABRIC «KOLA» (ST. PETERSBURG – NORWEGIAN BOUNDARY)  
IN THE PLACES OF THE INTERSECTION OF THE WATER-SECURITY ZONES**

On the project of the reconstruction of highway from the Sankt-petersburg to the Norwegian boundary (through Petrozavodsk, Murmansk, Pecenga) in water-guarding zones during the intersection of rivers, lakes, swamps is provided for the installation of local construction for removal of petroleum products from rain and thawed drain and suspended matter.

Cleaning entire drain from the canalized sections of road is not possible for economic reasons. On the project the large part of the drain is directed to relief and only in the coastal zone drain is assembled and is directed to cleaning. The purpose of scientific research work, which is conducted under professor Renat Iskhakovich Ayukaev, to base the maximum permissible areas of the roadside territory, in which can occur the self-purification of rain drain. It planned to study special features interaction of petroleum products in the small concentrations with the peat, the grass, the soil under the conditions of Leningrad and Murmansk regions, Republic of Karelia.

To approximately this theme was dedicated the diploma work of Olga Panyushkina, in the ecological-biological department of Petrozavodsk State University under the management of the candidate of the geographical sciences Natalia Belkina. The forms of petroleum products, condition for their interaction with the bottom deposits of the northern and southern parts of the White Sea area inhabitant-Baltic channel are studied by us. Are studied the procedures of the determination of forms and

concentrations of petroleum products, their changes with time, dependence on the temperature of water, concentration of oxygen dissolved in the water. The special feature of the studied system it will become the periodically changing «dry – wet» state of sorbent and sorbate, «the presence – absence» of ultraviolet solar irradiation, wide fluctuations in temperature in the night and day time, on the seasons of year. Is assumed construction and analysis of the mathematical model of the studied system, the solution of number of optimization problems. In this division of work takes part the professor, Dr. of phys. and math. Eugene Viktorovich Venitsianov from the Institute of Aqueous Problems Russian Academy of Science (Moscow).

**И. Ю. Потапова, Ю. Л. Сластина**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ**

В последние десятилетия уделяется большое внимание изучению устьевых зон рек. В июле 2009 г. Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН, ИО РАН и ИВП РАН была проведена комплексная экспедиция с целью изучения особенностей природных процессов на эстуарных, приустьевых и открытых участках разных типов приливных побережий Белого моря.

Исследования проводились в устье р. Кемь. Пробы воды отбирались в пяти точках на различном удалении от устья реки: в устье реки, на промежуточных и на глубоководных станциях в фазу прилива и отлива. На глубоководных станциях пробы воды отбирались на поверхностном, срединном и придонном горизонтах, на мелководных станциях отбор проб осуществлялся только с поверхности.

Температура воды во второй половине июля изменялась в пределах от 11,3 до 17,4 °С. Соленость воды на станциях, наиболее приближенных к устью реки, была пресной (до 0,034‰) как в фазу отлива, так и в фазу прилива. На промежуточной станции наблюдалось перемешивание воды. На станции, наиболее удаленной от устья, значение этого показателя от поверхности ко дну было наибольшим и практически не менялось (24,5–25,1‰).

Гидрохимические наблюдения помимо других показателей включали определение хлорофилла *a* и биогенных элементов. Содержание хлорофилла *a* определялось во всех пробах воды, а биогенных элементов – отобранных с поверхностного горизонта. Аналитическая работа проводилась в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН.

Результаты анализов показали, что содержание хлорофилла *a* в пробах воды исследуемого участка Онежского залива изменялось от 0,27 до 2,5 мкг/л. Наибольшие концентрации отмечены на станциях, наиболее приближенных к устью реки. Среднее значение растительного пигмента на данном разрезе составило 1,27 мкг/л. Содержание нитритов (до 0,002 мг N/л), нитратов (до 0,06 мг N/л), ионов аммония (до 0,035 мг N/л) и минерального фосфора в пробах морской воды незначительное. Большую часть из всех форм азота составил азот органический (0,33–1,36 мг N/л), а содержание общего фосфора изменялось в пределах 12,2–18,3 мкг/л.

**I. Yu. Potapova, J. L. Slastina**

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

### **DISTRIBUTION OF CHLOROPHYLL AND NUTRIENTS IN THE WATER OF ONEGA BAY OF THE WHITE SEA**

Over the past of few decades particular attention has been paid to the study of estuarine areas of rivers. Complex expedition was organized by the Scientists of Northern Water Problems Institute KRC RAS, P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS and Water Problems Institute RAS in July 2009. The aim of the expedition was to study the features of the natural processes of estuarine areas of rivers and open sites of various types of tidal coasts of the White Sea.

The studies were conducted at the mouth of the river Kem. Samples of water have been taken at five points at different distance from the river mouth: the mouth of the river, at the intermediate and deep-water stations in a high and low tide. Water samples were collected on the surface, median and bottom horizons at the deep stations. Sampling was carried out only from the surface at the shallow stations.

Temperature of water ranged from 11,3 to 17,4 °C in the second half of July. Water salinity was fresh (up to 0,034‰) at stations closest to the mouth of the river in both phases. Mixing of water was observed at the intermediate station. The value of this indicator was the highest and remained almost unchanged (24,5–25,1‰) from the surface to the bottom at the station farthest from the mouth.

Chlorophyll *a* and nutrients were identified in water samples. The content of chlorophyll *a* was determined in all samples of water and nutrients – selected from the surface horizon. Analytical work was spent in hydrochemical and hydrogeological laboratory of NWPI KRC RAS.

The results of analyses have shown that the content of chlorophyll *a* in water samples varied from 0,27 to 2,5 µg/l. The highest concentrations observed at the stations closest to the mouth of a river. The average value of chlorophyll *a* in this section was 1,27 µg/l. Nitrite (up to 0,002 mg N/l), nitrate (up to 0,06 mg N/l), ammonium ions (up to 0,035 mg N/l) and mineral phosphorus content in sea water samples is insignificant. Most of all forms of nitrogen was organic nitrogen (0,33–1,36 mg N/l). The concentration of total phosphorus varied from 12,2–18,3 µg/l.

**С. Б. Потахин<sup>1</sup>, М. С. Богданова<sup>2</sup>, А. А. Мартынов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Карельская государственная педагогическая академия*

<sup>2</sup> *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

## **ОБОНЕЖЬЕ: СУЩНОСТЬ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО НАЗВАНИЯ**

Обонежье является не только географической категорией, но и несет огромную смысловую нагрузку в других отраслях знаний. Топоним «Обонежье» довольно часто встречается в исторических, этнографических, лингвистических, архитектурных и других исследованиях.

Для анализа понятия «Обонежье» использовались литературные источники, дневники путешественников, архивные материалы, а также результаты собственных полевых и экспедиционных исследований по южной части Карелии и прилегающим к побережью Онежского озера территориям.

Термин «Обонежье» в широком смысле этого слова сформировался исторически, в течение длительного периода времени. Это слово лежит в основе многих понятий, таких как «Обонежская пятина», «Обонежский ряд», «Обонежская тысяча», «Обонежская школа деревянного зодчества» и т. д.

Этот термин можно встретить в дневниковых записях и публикациях исследователей XIX столетия: К. Ф. Кесслера (1868), А. К. Гюнтера (1880), В. Майнова (1887) и др. Обонежье, наряду с Верхней Русью, Приладожской Карелией (Raja Karjala), Ярославско-Костромским Поволжьем и др., выделяется как историко-культурная зона. Историко-культурная зона – это обособленное ареальное единство, которое выделяется по данным археологии, антропологии, этнографии, лингвистики, истории, геологии, географии, а также ряда других дисциплин (фольклористики, этномузыковедения). Такие зоны складываются постепенно на определенной территории, в условиях конкретного климата и ландшафта и определяются физико-географическими, хозяйственными, историческими, демографическими, языковыми и собственно этнографическими факторами в их взаимосвязи.

Границы между историко-культурными зонами выделяются по этническому признаку, так, граница между Обонежьем и Юго-Восточным Приладожьем, проходящая на юге до р. Свирь в ее среднем течении, отчетливо выделяется по границе ареалов расселения карелов-людигов и карелов-ливвиков.

Традиционно в пределах Обонежья (с основой, связанной с топонимом Онего) выделяются две составные части: Прионежье и Заонежье.

Подводя итог анализу понятия «Обонежья», нельзя не согласиться с высказыванием А. С. Герда о том, что исторически Обонежье предстает как своеобразный котел, который тысячами втягивал в себя с юга и юго-востока различные племена и народы, пройдя через который они шли дальше на север, к Белому морю, и на восток, к великим рекам Русского Севера.

В настоящее время к территории Обонежья можно отнести части административных районов, тяготеющих к побережью Онежского озера: Прионежского, Кондопожского, Медвежьегорского (Республика Карелия), Подпорожского (Ленинградская область), Вытегорского и Оштинского (Вологодская область). Эта территория, наряду со значительными лесными, минеральными и другими ресурсами, обладает богатым историко-культурным и природным потенциалом и в перспективе может стать крупным рекреационным объектом ранга района, привлекающим поток туристов на Север европейской части России, воспетый когда-то Николаем Клюевым: «Осенняя явь Обонежья, как сказка, баюкает дух...».

Обонежье как рекреационный район можно разделить на семь подрайонов, дав им для привлечения туристов звучные названия:

1. Медвежьегорский берег (северное побережье Онежского озера), территория древнего заселения, современный транспортный центр; в годы Великой Отечественной войны – место сооружения мощных фортификационных объектов;

2. Кондопожский берег (окрестности г. Кондопоги, Кондопожская и Лижемская губы, залив Большое Онего), территория появления первого российского курорта, первой карельской гидроэлектростанции, первого заповедника в Карелии, современный индустриальный центр; коренное население – карелы-людики и русские;

3. Петрозаводский берег (Петрозаводская губа Онежского озера), окрестности г. Петрозаводска, индустриальный район онежского побережья с сохранившимися природными объектами;

4. Вепсский берег – юго-западное побережье Онежского озера. Ареал проживания этнической группы северных вепсов в пределах Республики Карелия;

5. Южный берег – южное побережье Онежского озера, территория исторически развитого водного транспорта, активных военных действий периода Великой Отечественной войны; коренное население – собственно вепсы и русские;

6. Пудожский берег (юго-восточное побережье Онежского озера), территория древнего заселения, часть ареала русских Пудожского края;

7. Заонежский полуостров и Кижский архипелаг – ареал локальной этнической группы населения, называемой «русские Заонежья», или «заонежане», потомков новгородцев и псковичей; отличается от других групп русского этноса собственным самосознанием, культурными традициями, особенностями природопользования, своеобразным говором.

**S. B. Potakhin<sup>1</sup>, M. S. Bogdanova<sup>2</sup>, A. A. Martinov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Karelian State Pedagogical Academy*

<sup>2</sup> *Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

### **OBONEZH'E: ESSENCE OF THE PLACE NAME**

Obonezh'e is not only a geographical category, but also bears huge semantic loading in other branches of knowledge. Топоним often enough meets in historical, ethnographic, linguistic, architectural, etc.

For the analysis of concept «Obonezh'e» references, diaries of travelers, archival materials, and also results of own field and forwarding researches by a southern part of Karelia and adjoining to coast of Onega to territories were used. The term «Obonezhe» in a broad sense this word, was generated historically, during the long period of time. This word underlies many concepts, as «Obonezhskay pyatina», «Obonezhskay one thousand», «Obonezhskay school of wooden architecture» etc.

This term can be met in diary records and publications of researchers of XIX century: K. F. Kessler (1868), A. K. Gunter (1880), V. Majnov (1887), etc. Obonezh'e, along with the Verhnaya Russia, Priladozhskay Karelia (Raja Karjala), the Jaroslavsko-Kostroma Volga region, etc. is allocated as a historical and cultural zone. The Historical and cultural zone is the isolated areal unity which is allocated according to archeology, anthropology, ethnography, linguistics, history, geology, geography, and also of some other disciplines.

Such zones develop gradually in certain territory, in the conditions of a concrete climate and a landscape and are defined by fiziko-geographical, economic, historical, demographic, language and actually ethnographic factors in their interrelation.

Borders between historical and cultural zones are allocated to an ethnic sign. Traditionally within Obonezh'e two parts are allocated: Prionezh'e and Zaonezh'e.

Summing up to the analysis of concept «Obonezhja», it is impossible to disagree with A. S. Gerd's statement that historically Obonezh'e appears as an original copper which involved in the millenia in itself from the south and the southeast various tribes and the people, having passed through which they went further to the north, to the White sea, and to the east, to the great rivers of Russian North.

Now it is possible to carry parts of the administrative areas gravitating to coast of Onega to territory of Obonezhja: Prionezhsky, Kondopozhsky, Medvezhegorsky (Republic Kareliya), Podporozhsky (Leningrad region), Vytegorsky and Oshtinsky (the Vologda area). This territory, along with considerable wood, mineral and other resources, possesses rich historical and cultural and natural potential and in the long term can become large recreational object of a rank of the area, involving a stream of tourists to the north to the European part of Russia.

Obonezh'e as recreational area, it is possible to divide into seven subdistricts, having given them for attraction of tourists sonorous names:

1. Medvezhegorsky coast (northern coast of Onega), territory of ancient settling, the modern transport center; in days of the Great Patriotic War – a place of a construction powerful фортификационных objects;

2. Kondopozhsky coast (vicinities Kondopoga, Kondopozhsky and Lizhensky gulfs, a gulf Big Onego), territory of occurrence of the first Russian resort, the first Karelian hydroelectric power station, the first reserve to Karelia, the modern industrial center; indigenous population – karelians-ljudiki and Russian;

3. Petrozavodsk coast (the Petrozavodsk gulf of Onega), vicinities of Petrozavodsk, industrial area of the Onega coast with the remained natural objects;

4. Vepssky coast – southwest coast of Onega. An area of residing of an ethnic group northern vepses within Republic Karelia;

5. Southern coast – southern coast of Onega, territory of historically developed sailing charter, active military operations of the period of the Great Patriotic War; indigenous population – actually вепсы and Russian.

6. Pudozhsky coast (southeast coast of Onega), territory of ancient settling, a part of an area of Russian of Pudozhsky edge;

7. Zaonezhsky peninsula and Kizhsky archipelago – an area of a local ethnic group of the population named «Russian Zaonezhja»; differs from other groups of Russian ethnos own consciousness, cultural traditions, features of wildlife management, an original dialect.

**Н. Н. Римская-Корсакова<sup>1</sup>, В. В. Малахов<sup>1</sup>, С. В. Галкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет*

<sup>2</sup> *Институт океанологии РАН им. П. П. Ширшова*

## **ГИГАНТСКАЯ ВЕСТИМЕНТИФЕРА *RIFTIA PACHYPTILA* JONES 1980 С ГИДРОТЕРМ ТИХОГО ОКЕАНА: УДИВИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ И СТРОЕНИЕ**

*Riftia pachyptila* – огромный сидячий червь с гидротермальных очагов. Эти уникальные природные комплексы формируются вокруг горячих гидротермальных флюидов, насыщенных сероводородом и тяжелыми металлами (Гебрук, Галкин, 2002). Все представители вестиментифер лишены во взрослом состоянии пищеварительного тракта и питаются за счет симбиотических хемоавтотрофных бактерий. Строение щупальцевого аппарата *R. pachyptila* резко отличается от такового у всех других вестиментифер, поскольку у этого вида щупальцевые ламеллы ориентированы перпендикулярно оси тела, тогда как у остальных вестиментифер – параллельно. На этом основании этот вид был выделен в отдельную группу Ахонобранchia, тогда как все остальные вестиментиферы – в группу Basibranchia (Jones, 1985). Более того, трубки только у рифтии описаны как цилиндрические и без воротничков (у остальных вестиментифер – конические и с воротничками), передние поверхности обтюракул гладкие, без защитных образований (у других видов имеются кутикулярные образования). В то же время исследования по молекулярной филогении не подтверждают особого поло-



жения *R. pachyptila* в системе вестиментифер (Black et al., 1997; Kojima et al., 2003). В ходе изучения морфологии *R. pachyptila* выяснилось, что отличия щупальцевого аппарата не столь велики, как это казалось ранее: щупальцевые ламеллы рифтии ориентированы параллельно оси тела червя. У juveniles найдены защитные образования в виде стержней и крышечек, которые отваливаются у более взрослых особей (Римская-Корсакова и др., 2011). У крупных экземпляров трубки имеют тенденцию к сужению от переднего к заднему концу в два раза и на своем протяжении несут многочисленные воронкообразные расширения. Анатомия также ничем не отличается от таковой остальных гидротермальных вестиментифер. В целом особое положение *R. pachyptila* представляется не таким особым. Некоторые отличия вызваны гигантскими размерами: трубка *R. pachyptila* достигает в длину 2,5 м, а сам червь – 1,5 м в длину и до 40 мм в диаметре вестиментального отдела (Jones, 1980).

N. N. Rimskaya-Korsakova<sup>1</sup>, V. V. Malakhov<sup>1</sup>, S. V. Galkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University

<sup>2</sup> P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS

**HUGE VESTIMENTIFERAN TUBEWORM *RIFTIA PACHYPTILA* JONES 1980  
FROM HYDROTHERMAL VENTS OF PACIFIC OCEAN: REMARKABLE SIZE  
AND ORGANISATION**

*Riftia pachyptila* – large tubeworm inhabiting hydrothermal oases. The unique natural complexes form around hot hydrothermal fluids, saturated with hydrogen sulphide and heavy metals (Гебрук, Галкин, 2002). All representatives lack of a gut in adults and live thanks to symbiotic chemoautotrophic bacteria. Organization of tentacle crown of *R. pachyptila* differs remarkably from the crown structure of other vestimentiferans due to perpendicular orientation of tentacular lamellas to a body axis (other vestimentiferans have parallel orientated lamellas). Based on that *R. pachyptila* was placed in separate group called Axonobranchia, whereas other vestimentiferans were grouped in Basibranchia (Jones, 1985). Moreover, tubes of *Riftia* described as cylindrical, smooth without collars (other vestimentiferans have tapering ones with collars), anterior surfaces of obturacular halves are not protected by any structures (like other vestimentiferans have cuticular extensions). However molecular phylogeny do not support separate position of *R. pachyptila* in Vestimentifera system (Black et al., 1997; Kojima et al., 2003). Our morphological investigation revealed that the differences of the tentacular pattern of *R. pachyptila* are not so drastically as it has been supposed earlier: tentacular lamellas directed parallel to the worm body axis. Juveniles of the species are described to have protective cuticular structures on the anterior surface of obturaculum as axial rod and saucers series that are always detached in adults. This feature of *R. pachyptila* juveniles can be regarded as a recapitulation of ancestral state (Римская-Корсакова и др., 2011). The tubes of large specimen exhibit a tendency to taper along the anterior-posterior axis. Besides the tubes bear numerous collars along the their length. Thus, separate position of *R. pachyptila* are not so much special any more. Anatomy of and other hydrothermal tubeworm are similar. Some distinctions of the *R. pachyptila* are produced by the huge sizes: the tube of *R. pachyptila* reaches 2,5 m in length, worm by itself – 1,5 m in length and till 40 mm in diameter of vestimental region (Jones, 1980).

**Е. В. Румянцева**

*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*

**МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД  
ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА р. ПЯСИНА  
В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

В водосборном бассейне р. Пясины, крупнейшем на п-ове Таймыр и находящемся в границах арктической зоны России, выделяется ее верхняя часть – Норило-Пясинская водная система. Эта система испытывает наибольшее антропогенное воздействие от предприятий Норильского горно-металлургического комплекса и населенных пунктов Норильского района.

Целью исследования является оценка многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской водной системы по гидрохимическим показателям за период 1980–2003 гг. в условиях антропогенного воздействия. Исходными материалами для оценки качества поверхностных вод послужили данные гидрологических и гидрохимических наблюдений сети Росгидромета.

В результате оценки многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской системы водные объекты разделены на три группы по степени антропогенной нагрузки и определены условно фоновые пункты наблюдений системы. Постоянно высокие концентрации соединений меди и никеля в воде объектов системы, не подверженных прямому антропогенному воздействию, обусловлены природным геохимическим фоном территории их водосбора, распространением сульфидной медно-никелевой минерализации.

На примере р. Норилка в верхнем течении сформулированы тенденции сезонной динамики гидрохимических показателей Норило-Пясинской системы по фазам водного режима.

На основе оценки многолетней изменчивости качества вод возможно разработать нормативы допустимого воздействия на объекты Норило-Пясинской водной системы как верхнего участка водосборного бассейна р. Пясины, учитывающие региональные особенности и их индивидуальные характеристики водных объектов.

**E. V. Rumyantseva**

*Arctic and Antarctic Research Institute*

#### **THE SURFACE WATER QUALITY LONG-TERM VARIABILITY OF THE UPPER CATCHMENT BASIN PYASINA RIVER UNDER ANTHROPOGENIC IMPACT**

The catchment basin of the Pyasina River, which is the largest on the Taimyr Peninsula and located within the Russian Arctic zone boundaries, includes the top part – the Norilo-Pyasinskaya water system. This system is subjected to a considerable anthropogenic impact of Norilsk metallurgical factories and towns of Norilsk region.

The purpose of this study is to assess the water quality long-term variability of the Norilo-Pyasinskaya water system by hydrochemical information in the anthropogenic impact period (1980–2003). The hydrologic and hydrochemical observations of Roshydromet network had served as the source data for the water quality assessment.

As a result of the water quality long-term variability assessment of the Norilo-Pyasinskaya system, water bodies are divided into three groups according to anthropogenic impact degree and the conventionally background observation stations are defined. High concentrations of copper and nickel in water bodies, which are not exposed to direct anthropogenic impact, are caused by the natural geochemical background of their catchment area and the prevalence of sulphide copper-nickel mineralization.

Using the Norilka River (upstream) as an example we had formulated the seasonal trends of the Norilo-Pyasinskaya system hydrochemical characteristics variability depending on the water regime phases.

Based on the water quality long-term variability assessment it is possible to develop permissible impact standards for objects of the Norilo-Pyasinskaya water system, as the top part of the Pyasina River catchment basin. These standards will be take into account regional characteristics and individual characteristics of water bodies.

**В. Н. Семенюк**

*Московский государственный университет*

#### **ПРОЦЕССЫ ЗАХВАТА КРУПНЫХ ДОННЫХ ЧАСТИЦ ВИХРЯМИ В ПОТОКАХ ПРОРЫВА ПЛОТИНЫ**

При прорыве искусственной или естественной плотины возникает поток, бегущий по сухому руслу. Крутой передний фронт часто называют «стенной волной». В ряде натурных наблюдений установлено, что основная часть крупного грунта переносится в голове волны. Авторы заключили, что головная волна обрушается, образуются струи. Установлено, что на переднем фронте волны образу-

ются сложные вихревые структуры. Для создания метода прогноза деформации и переноса грунта необходимо знать, при каких условиях формируются вихри, способные захватить крупные частицы. Эта проблема актуальна и при прогнозе смыва грунта ливневыми и паводковыми стоками. На основе экспериментального исследования придонного слоя головной части потоков, возникающих при прорыве плотины, показано, что толщина вязкого слоя превышает диаметр донной частицы  $d_p$ , растет с увеличением  $d_p$  и уменьшается при увеличении скорости потока ( $d_p < 1,2$  см). Донные частицы захватываются вихрями-спутниками, возникающими под основными вихрями, периодически формирующимися в вязком слое при замедлении течения в направлении движения. Если  $d_p > 0,045$  см, диаметр вихря-спутника меньше  $d_p$ . Вихри-спутники сближаются и сливаются в один вихрь, способный вместить донную частицу, если скорость потока достигает критического значения скорости  $U_{dip}$ . Захват частицы происходит при более высокой скорости течения  $U_{cr} > U_{dip}$ , которая обеспечивает вращение частицы без проскальзывания.

V. N. Semenyuk

*Moscow State University*

### THE CAPTURE OF LARGE BOTTOM PARTICLES BY VORTICES IN THE FLOW DAM

At the break of artificial or natural dam occurs stream running through the dry riverbed. Sharp leading edge is often called a «wall of water». In a number of field observations revealed that the main part of a large soil carried in my head wave. The authors concluded that the bow wave collapse, jet formation. Established that at the front of the wave form complex vortex structures. To create a method for predicting the deformation and transport of soil is necessary to know the conditions under which vortices are formed that can capture large particles. This is a problem and the prognosis of soil flushing storm drains and flood. On base of an experimental study of a boundary layer of a head of a dam break flow it is shown that a thickness of a viscous layer exceeds a bottom particle diameter  $d_p$ , increases with  $d_p$  and decreases with a flow velocity (for  $d_p < 1,2$  cm). Bottom particles are captured by satellite eddy which originate from mane eddies near the bottom. Mane eddies are periodically appearing in the viscous layer if the flow decelerates downstream. If  $d_p > 0,045$  cm the satellite diameter is smaller then  $d_p$ . Satellites close in and run into one eddy which can contain the bottom particle if the flow velocity achieves a critical value  $U_{dip}$ . Particles can be captured when the flow velocity has higher value  $U_{cr} > U_{dip}$ . It is possible under this condition the particle starts to rotate in the satellite without a slippage.

А. И. Сидорова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ИНВАЗИОННОГО ВИДА *GMELINOIDES FASCIATUS* (STEBBING) В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Проблема инвазионных видов в водных экосистемах обостряется с каждым годом. Явление, когда чужеродные виды угрожают биологическому разнообразию и стабильности экосистем, называется «биологическим загрязнением». Данная проблема стала актуальной к 2001 г. для экосистемы Онежского озера, когда впервые обнаружили вид-вселенец *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing). Байкальская амфипода успешно расселилась в литоральной зоне к 2007 г. и серьезно изменила новую для себя среду обитания.

Исследования проводили в летний период 2005 и 2008 гг. Показано, что численность популяции *G. fasciatus* варьировала в 2005 г. в пределах 132–462 экз./м<sup>2</sup>; в 2008 г. – 60–1178 экз./м<sup>2</sup>, при этом средняя численность составляла  $322 \pm 32$  и  $470 \pm 116$  экз./м<sup>2</sup> в 2005 и 2008 гг., соответственно. Биомасса организмов на исследуемом каменисто-песчаном биоценозе в 2005 г. изменялась в пределах 0,15–6,15 г/м<sup>2</sup>, в 2008 г. – 0,11–6,78 г/м<sup>2</sup>, при средней биомассе – 3,15 и 3,45 г/м<sup>2</sup>, соответственно. Плодовитость самок варьирует от 4–15 яиц на самку. Размеры половозрелых самок были от 3,3 до 7,0 мм. Ориентировочная продукция популяции в исследуемый период не превышала 2 ккал/м<sup>2</sup>, при этом отношение продукции к средней биомассе за изучаемый период (Р/В коэффициент) равно 6,0.

Полученные нами данные о динамике изменения популяционных показателей амфиподы *G. fasciatus* свидетельствуют об активной акклиматизации этого вида в новых для него условиях обитания и стабильности состояния его популяции.

**A. I. Sidorova**

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

#### **THE STATE OF INVADER *GMELINOIDES FASCIATUS* (STEBBING) POPULATION IN THE PETROZAVODSK BAY OF LAKE ONEGO**

The problem of invasive species increase from year to year. Phenomenon, where alien species threaten the biological diversity and ecosystem stability is called «biological pollution». This issue became actual in 2001 for ecosystem of Lake Onego, when invader *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) was found firstly. Baikal amphipod successfully establishes in the littoral zone in 2007 and has seriously changed a new habitat.

Studies were carried out in the summer of 2005 and 2008. It is known, that abundance of species in 2005 varied in the range of 132–462 ind. m<sup>-2</sup>, in 2008 – in the range of 60–1178 ind. m<sup>-2</sup>, average abundance was 322 ± 32 and 470 ± 116 ind. m<sup>-2</sup> in 2005 and 2008 respectively. The biomass of organisms in the studied rocky-sandy biocoenosis in 2005 varied in the range of 0,15–6,15 g m<sup>-2</sup>, in 2008 – in the range of 0,11–6,78 g m<sup>-2</sup>, average biomass was 3,15 g m<sup>-2</sup> and 3,45 g m<sup>-2</sup>, respectively. The fecundity averaged 4–15 eggs per female. Sizes of mature females in the range of 3,3–7,0 mm. Approximate production of the population in the study period did not exceed 1,5 kkal/m<sup>2</sup>, the ratio of production to average biomass over the study period (P/B) was 6,0. Our data on the dynamics of changes in the population indexes of amphipod *G. fasciatus* evidence of active acclimatization of this species into new habitat for him and the stability of the state of its population.

**Н. А. СклЯрова**

*Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения*

#### **НЕПРЕРЫВНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ: ШКОЛА – ВУЗ**

Экологическое воспитание – это формирование в сознании школьников и студентов:

- потребности общения с природой и, как следствие этого, интереса к познанию ее законов и явлений;
- установок и мотивов деятельности, направленной на осознание уникальной ценности природы;
- убеждения в необходимости сбережения природы, так как это является гарантом сохранения своего и общественного здоровья;
- потребности участия в практической деятельности по изучению и охране природы, пропаганде экологических знаний.

Экологическое образование формирует знания о природе, взаимодействии общества и природы, умение по изучению и охране природы. Процесс экологического образования направлен на формирование экологической ответственности к окружающей среде. Формируя мировоззрение, в процессе экологического воспитания мы определяем ценности, отношение к которым мотивирует поведение личности.

В условиях современного экологического кризиса, который поразил нашу планету, необходимо формировать экологическую ответственность: такие качества личности, как самоконтроль, умение предвидеть ближайшие и отдаленные последствия своих действий в природной среде, критическое отношение к себе и другим. Соблюдение моральных требований, связанных с отношением к природе, предполагает развитие убежденности, а не страха за возможное наказание – осуждение со стороны окружающих.

Наш вуз заключил договор о совместной деятельности с лицеем № 389. На базе этого лицея существует Центр экологического образования. Уже много лет этот Центр осуществляет большую

работу по воспитанию экологической культуры у школьников. Покинув школу, немногие связывают свою жизнь с дальнейшим изучением экологии. Причины разные: у кого-то появились другие интересы, кто-то просто не знал, где можно дальше продолжить обучение в этом направлении. Появление вуза в школе в качестве партнера по экологическому воспитанию позволяет школьникам получить информацию профориентационного характера. Проведение совместных мероприятий (например, круглые столы по актуальным вопросам состояния окружающей среды региона и планеты в целом) позволяет школьникам посостязаться со студентами в своих знаниях существа вопроса, студенты в этой ситуации получают педагогические навыки. Участие школьников в студенческих научных конференциях позволяет им осознать значимость своих исследований и увидеть спектр возможных будущих направлений деятельности не только в области охраны окружающей среды.

Одним из мероприятий эколого-просветительской деятельности среди школьников и студентов является проведение «круглых столов». 11 декабря 2009 г. в стенах ЦЭО лицея № 389 проводился «круглый стол», посвященный проблемам Балтийского моря, под названием «Жалобная книга Балтийского моря». В его работе принимали участие студенты СПбГУКиТ (факультет ФФиТРМ) и учащиеся школы № 389, а также учителя и преподаватели вуза. Внимание участников «круглого стола» было сосредоточено на экологических проблемах Балтийского моря. Затронули вопросы загрязнения водного бассейна, очистки сточных вод, эвтрофикации, а также загрязнения почвенного покрова Земли, несанкционированных свалок, низкого уровня культуры в нашем обществе. Обсудили тему «Если не я, то кто же?». Между участниками «круглого стола» проходила очень оживленная беседа. Они считают, что целесообразно развивать экологическое мировоззрение у людей всех возрастов и слоев населения, независимо от материального положения. Необходимость воспитания начинается от школы к вузам и далее к производствам. В завершение нашей дискуссии студенты рассказали о Международной программе «Балтийский университет», в рамках которой они проходят обучение, чем они занимаются и продемонстрировали небольшой ролик, созданный ими о проведенной акции в стенах университета в защиту Балтийского моря. В целом «круглый стол» оставил у гостей и организаторов приятное впечатление. Такие мероприятия стали доброй традицией. В ноябре 2010 г. мы проводили «круглый стол» по вопросам загрязнения Мексиканского залива и аварии в Венгрии. Также надеемся на активное участие школьников в ежегодных студенческих научных конференциях. В 2010 г. школьники принимали участие в такой конференции. Один из докладов был отмечен жюри Дипломом третьей степени.

В результате нашей совместной деятельности выпускники этого лицея становятся абитуриентами и в дальнейшем студентами Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения. В 2010 г. первым абитуриентом, подавшим заявление в наш вуз на специальность «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», был выпускник этого лицея.

**N. A. Sklyarova**

*St. Petersburg State University of Cinema and Television*

## **CONTINUING ENVIRONMENTAL EDUCATION: SCHOOL – HIGH SCHOOL**

Environmental education – forming in the minds of pupils and students:

- The needs of communion with nature and, as a consequence, interest in the knowledge of its laws and phenomena;
- Attitudes and motivations of activities aimed at understanding the unique value of nature;
- Belief in the need for conservation of nature, because it is the guarantor of their own and public health;
- The need for involvement in practical work on the study and conservation, promotion of environmental awareness.

Environmental education forms the knowledge of the nature of interaction between society and nature, the ability to study and protection of nature. The process of environmental education aimed at the formation of environmental responsibility to the environment. Shaping the world in the process of environmental education, we define the values, attitudes which motivate individual behavior.

In today's ecological crisis, which hit our planet, you must create an environmental liability: such personality traits as self-control, ability to anticipate the immediate and long-term consequences of their actions in the environment, critical attitude towards oneself and others. The moral requirements associated with the attitude to nature, involves the development of conviction, not fear of possible punishment – condemned by others.

Our high school signed a contract on joint activity with the Lyceum N 389. On the basis of this school there was a center of environmental education. For many years, the Centre carries a great job of raising ecological awareness among schoolchildren. After leaving school, few people connect their lives to further the study of ecology. Causes are different: someone were other interests, someone just did not know where you can continue further study in this direction. The emergence of high school in the school as a partner in environmental education, allows students to obtain career-oriented nature of the information. Joint activities: round tables on topical issues of the region's environment and the planet as a whole, allows students compete with students about their knowledge of the merits, students in this situation receive pedagogical skills. Participation of students in the student's scientific conferences allows them to realize the significance of their research and see the range of possible future directions, not only in the field of environmental protection.

One of the activities of eco-educational activities among pupils and students is to hold «round tables».

One of the «round table» was held on Dec. 11, 2009 in the walls of Lyceum N 389 and was devoted to the Baltic Sea, entitled «Complaints Book Baltic Sea». The round table was attended by students' St. Petersburg State University of Cinema and Television and students of the school N 389, as well as teachers and professors of the university. The attention of the «round table» focused on environmental issues Baltic Sea. The issues of water pollution, wastewater treatment, eutrophication and pollution of soil land, illegal dumps, low level of culture in our society. Discussed the topic «If not me, then who?» Between the participants of the round table held a very lively conversation. Participants in the roundtable believed that it is expedient to develop ecological outlook in people of all ages and strata of the population, regardless of financial situation. The need for education starts from school to higher education institutions and further to production. At the end of our discussion, students talked about the International Programme for the Baltic University in which they are trained and what they were doing and showed a small spot, created by them to hold shares in the university in support of the Baltic Sea. In general, the round table left, and the guests and the organizers of the pleasant impression. Such events have become a tradition. In November 2010 we held a round table on the Gulf of Mexico pollution and accidents in Hungary. Also look forward to active participation of schoolchildren in the annual student conferences. In 2010, students participated in the conference. One report was marked by the jury Diploma of 3 degrees.

The result of our joint effort is the emergence of the graduates of the Lyceum as a prospective student of our university and, later, students St. Petersburg State University of Cinema and Television. In 2010 the first applicant who applied to our university to major in environmental protection and rational use of natural resources, was a graduate of this school.

**Т. В. Скороспехова<sup>1</sup>, Г. В. Пряхина<sup>1</sup>, С. А. Журавлев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Государственный гидрологический институт*

### **ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ГИС УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ КЕРЕТЬ**

Устьевые области рек благодаря своим природным особенностям занимают особое положение среди других географических объектов. Устья рек выполняют роль природных «барьеров» между реками и морями. Устьевые области рек – наиболее экологически уязвимые природные объекты.

С 2006 г. кафедра гидрологии суши совместно с кафедрой физики Земли СПбГУ проводит полевые и экспедиционные работы в устьевой области р. Кереть, впадающей в Белое море. Кереть протекает по территории Керетского заповедника. За период 2007–2010 гг. в ходе экспедиционных полевых работ было накоплено множество материалов, включающих в себя гидрологические, гидроморфометрические, гидрохимические и гидрофизические характеристики вод устьевой области и самой р. Кереть.

Создание геоинформационной системы устьевой области р. Кереть позволило обобщить и систематизировать данные, полученные в ходе экспедиционных работ, создать базу данных гидрохимических и гидрофизических характеристик вод устьевой области; составить электронную батиметрическую карту объекта исследования; создать трехмерную визуальную модель устьевой области, а также выполнить расчеты батиметрических характеристик устьевой области, определить объем приливной призмы и зоны осушения и границы раздела пресных и морских вод.

Созданная гидрологическая ГИС в среде программы ArcGIS устьевой области р. Кереть позволяет определять оптимальное положение станций для наблюдений за гидрологическими, гидрофизическими и гидрохимическими характеристиками в зависимости от особенностей распределения пресных и соленых вод, что позволит в дальнейшем пополнять имеющуюся базу данных.

**T. V. Scorospehova<sup>1</sup>, G. V. Pryahina<sup>1</sup>, S. A. Zhuravlev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *St. Petersburg State University*

<sup>2</sup> *State Hydrological Institute*

### **HYDROLOGICAL GIS OF THE KERET' RIVER ESTUARINE AREA**

River estuaries due to the natural features have a special position among other geographical objects. Estuaries are natural «barriers» between the rivers and seas.

The most part of river sediments are deposited here; dissolved substances are trapped and accumulated, including pollutants; natural and anthropogenic changes of the river and sea regime are greatly appeared. River estuaries are the most ecologically vulnerable natural objects.

Since 2006 the department of a land hydrology together with the department of physics of the Earth of St. Petersburg State University have expeditions to the Keret' River flows into the White sea. Keret' River flows through the territory of the Keretsky Reserve. During the expeditions 2007–2010 a lot of data have been collected, including hydrological, gidromorphometrical, hydrochemical and hydrophysical characteristics of the Keret River estuarine area.

Creation of geoinformation system (GIS) of the Keret river estuary has allowed to compile and organize the data obtained during the field work; to create a database of hydrochemical and hydrophysical characteristics of estuarine water; to make electronic bathymetric map the investigated object; to create three-dimensional visual model of the river mouth area; to execute calculations of depths characteristics, to define volume of a tidal prism and a drainage area and border of section of fresh and sea waters.

Established Hydrological GIS software ArcGIS of the Keret' River estuarine area allows to determine the optimal position of stations for supervision over hydrological, hydrophysical and hydrochemical characteristics depending on features of distribution of fresh water and salt water, which will allows to supplement the existing database.

**И. В. Скуратович, Е. В. Зеленухо**

*Белорусский национальный технический университет*

### **ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ»**

В результате сжигания топлива на окружающую среду оказывается негативное воздействие в форме выбросов загрязняющих веществ. Наибольшую опасность представляют сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, оксид углерода и углекислый газ, твердые частицы (сажа, зола), углеводороды.

Степень загрязнения окружающей среды зависит как от вида и качества используемого органического топлива, так и от типа энергетических установок. Отходы, образующиеся в процессе сжигания топлива, в несколько раз (при сжигании газообразного в 5, а при сжигании, например, антрацита – в 4 раза) превышают массу используемого топлива.

В энергетике Республики Беларусь в последнее время ежегодно сжигается порядка 12 млн т условного топлива. В структуре топливного баланса природный газ превышает 80%, остальное – сернистый мазут, попутный газ и др.



В соответствии с целевой программой повышения доли местных видов топлива в топливно-энергетическом балансе страны одной из главных целей в области повышения энергетической безопасности Республики Беларусь на период до 2012 г. должно стать увеличение доли использования местных энергоресурсов и альтернативных источников энергии до 25% в производстве тепловой и электрической энергии.

В рамках дисциплины «Основы экологии» на кафедре экологии Белорусского национального технического университета разработана практическая работа «Количественный анализ выбросов загрязняющих веществ при сжигании различных видов топлива», которая позволяет составить материальные балансы для двух видов топлива (природного газа и местного вида топлива); определить количества шлаков и аэрозолей, образующихся при сжигании твердого органического топлива; по результатам расчета оценить возможность замещения газообразного топлива на предложенный вид твердого органического топлива.

**I. V. Skuratovich, E. V. Zelenuho**

*Belarusion National Technical University*

#### **STUDY OF ECOLOGICAL ASPECTS AT INCINERATION OF DIFFERENT TYPES OF FUEL WITHIN THE FRAMEWORK OF DISCIPLINE OF «BASIS OF ECOLOGY»**

As a result of fuel burning on environment there is a negative influence in the form of emissions of polluting substances. The greatest danger are sulphurous and sulfuric anhydrides, nitrogen oxides, carbon oxide and carbonic gas, firm particles (soot, ashes) represent, hydrocarbons.

Environmental contamination degree depends as on a kind and quality of used organic fuel, and from type of power installations. A waste formed in the course of burning of fuel several times (at burning gaseous in 5, and at burning, for example, anthracite – in 4 times) exceeds weight of used fuel.

In power of the Republic of Belarus recently it is annually burned an order of 12 million tons of conditional fuel. In structure of fuel balance natural gas exceeds 80%, the rest – sulphurous black oil, passing gas, etc.

According to the target program of increase of a share of local kinds of fuel in balance of the country, one of overall objectives in the field of increase of power safety of for the period till 2012 there should be an increase in a share of use of local power resources and alternative energy sources to 25 percent in manufacture of thermal and electric energy.

On chair of ecology of the Belarusion national technical university practical work «The Quantitative analysis of emissions of polluting substances is developed at burning of various kinds of fuel» which allows to make material balances for two kinds of fuel (natural gas and a local kind of fuel); to define quantities of slags and the aerosols formed at burning of firm organic fuel; by results of calculation to estimate possibility of replacement of gaseous fuel on the offered kind of firm organic fuel.

**Ю. Л. Сластина<sup>1</sup>, М. А. Ключкова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

<sup>2</sup> *Петрозаводский государственный университет*

#### **СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО**

Для целей экологического мониторинга водоемов активно используется изучение фитопланктона, который оказывает непосредственное влияние на качество воды, благодаря структуре и функциональным особенностям определяет состояние водных экосистем в целом. Фитопланктон оказывает непосредственное воздействие на качество воды, а показатели его количественного развития широко используются для характеристики трофического статуса водоемов.

На территории Петрозаводска находятся несколько озер, хорошо известных рыбакам и отдыхающим, но практически не изученных. Проводя исследования этих водоемов, получили новые оригинальные данные, которые можно успешно использовать в программе мониторинга и планирования рекреационной нагрузки на водоемы города. Впервые изучалось состояние альгофлоры оз. Четырехверстного, расположенного в черте г. Петрозаводска.

Обнаружено 95 видов (представленных 100 таксонами рангом ниже рода) из 7 отделов, которые распределились следующим образом: *Chlorophyta* – 38 таксонов, *Bacillariophyta* – 26, *Euglenophyta* – 12, *Cyanophyta* – 11, *Chrysophyta* – 10, *Dinophyta* – 2, *Cryptophyta* – 1 таксон. Динамика биомассы и численности фитопланктона имеет ярко выраженный максимум в летний период, что свидетельствует об эвтрофировании водоема. Доминирующими видами являются представители эвтрофного планктона диатомовых, синезеленых и эвгленовых – *Fragilaria crotonensis*, *Oscillatoria agardhii*, *Trachelomonas volvocina*. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в июле – августе, в период максимального прогрева воды.

Сапробиологический анализ показал, что вода оз. Четырехверстного соответствует третьему классу качества, β-мезосапробной зоне, относится к умеренно загрязненным. По максимальной биомассе фитопланктона вода озера относится к классу 3а (1,1–2 мг/л) – достаточно чистая.

Требуется дальнейшее изучение водоема для уточнения его трофического статуса, определения рекреационного значения и вклада в эвтрофирование Петрозаводской губы Онежского озера.

**J. L. Slastina<sup>1</sup>, M. A. Klochkova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science

<sup>2</sup> Petrozavodsk State University

### **PHYTOPLANKTON SEASONAL DYNAMICS OF LAKE CHETYREHVERSTNOE**

For environmental monitoring of water bodies is actively used to study phytoplankton, which has a direct impact on water quality, thanks to the structure and functional characteristics determines the state of aquatic ecosystems as a whole. Phytoplankton has a direct impact on water quality, and rates him the quantitative development of widely used to characterize the trophic status of reservoirs.

On the territory of Petrozavodsk has several lakes that are well known to fishermen and tourists, but virtually unstudied. Through research of these lakes have new original data, which can be used successfully in a program of monitoring and planning of recreational load on the ponds of the city. For the first time studied the state algae flora of Chetyrehverstnoe located within the boundaries of Petrozavodsk.

The 95 species (represented by 100 taxa below the rank of genus) of 7 divisions, which were distributed as follows: *Chlorophyta* – 38 taxa, *Bacillariophyta* – 26, *Euglenophyta* – 12, *Cyanophyta* – 11, *Chrysophyta* – 10, *Dinophyta* – 2, *Cryptophyta* – 1 taxon was identified. The phytoplankton dynamics of biomass and abundance has a pronounced maximum in summer, indicating that eutrophication pond. Dominating species are representatives of the eutrophic planktonic diatoms, cyanobacteria and euglenophytes – *Fragilaria crotonensis*, *Oscillatoria agardhii*, *Trachelomonas volvocina*. The highest species diversity was observed in July and August, during the period of maximum heating water.

Saprobiological analysis showed that the lake water Chetyrehvertsnoe corresponds to 3 class quality, β-mezosaprobnoy zone refers to the moderately polluted. At the maximum biomass of phytoplankton of the lake water belongs to the Class 3A (1,1–2 mg/l) – fairly clean.

Requires further study to clarify the lake its trophic status, determine the recreational value and contribution to the eutrophication of Petrozavodsk Bay of Lake Onega.

**Ю. Н. Сластухин, М. Ю. Никишин, В. Л. Остапов**

*Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота*

### **НОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ И СУДОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

Необходимость энергосбережения обусловлена сокращением запасов природных энергетических ресурсов и экологическими проблемами, связанными с их добычей, переработкой и использованием. На рыбопромысловых судах производственная холодильная установка является основным потребителем электроэнергии, на производство которой затрачиваются органические виды топлива. Продукты сгорания топлива являются токсичными веществами и загрязняют окружающую среду.

Имея технические данные об узлах холодильной установки и применяя математическое моделирование, можно рассчитать характеристики холодильной установки как берегового, так и морского

го исполнения. Математическая модель холодильной установки позволяет определить оптимальные параметры работы установки и нормы расхода электроэнергии в широком диапазоне изменяющихся условий эксплуатации. Используя вахтенный журнал конкретной установки, можно получить данные о действительном расходе электроэнергии, потребляемой холодильной установкой. Сравнив полученные данные с нормами, можно сделать вывод об эффективности работы установки.

Выявлено, что для большинства холодильных установок береговых предприятий Калининградской области расход электроэнергии превышает норму в 1,5–2 раза. Излишние затраты электроэнергии приводят к потере прибыли предприятиями, которые они стремятся компенсировать за счет увеличения стоимости своего продукта.

Неэффективный расход электроэнергии на судовых холодильных установках приводит к увеличению расхода потребляемого топлива, необходимого для ее выработки. Соответственно увеличиваются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

Поддержание оптимальных параметров работы холодильной установки за счет правильной ее эксплуатации и своевременной модернизации позволит сократить затраты электроэнергии.

**П. В. Солощук, Е. С. Кочеткова**

*Российский государственный гидрометеорологический университет*

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

В настоящее время восточная часть Финского залива находится под воздействием большого числа факторов природного и антропогенного происхождения. Основное воздействие на рассматриваемый регион связано с влиянием мегаполиса, интенсивным развитием портостроительства, активным освоением морских ресурсов и действующей инфраструктурой.

Из всех газов, растворенных в воде, наибольший интерес представляет кислород, так как с ним связана интенсивность химических и особенно биохимических процессов и он оказывает огромное влияние на обмен веществ в природе. Благоприятный режим растворенного в воде кислорода – одна из главных предпосылок для нормального развития и воспроизводства водных организмов и функционирования всей экосистемы водоема.

Распределение растворенного кислорода определяется в основном при взаимодействии процессов распространения распресненных и обогащенных биогенами невыходных вод и фотосинтетической утилизации биогенов. Повышенные значения солености, в особенности в переходном районе, находят свое объяснение при переходе к распределению характеристик в глубинных слоях. В этом районе, наряду с достаточно выраженным галоклином, обнаруживается значительный дефицит кислорода.

Причиной резкого изменения экологической обстановки в восточной части Финского залива следует считать повышенную антропогенную нагрузку, которая в свою очередь усиливается естественными условиями, такими как поступление в этот район соленых вод из центральной части залива, усиление вертикальной стратификации и ослабление вентиляции глубинных слоев. Повышенная трофность этого района, отражающаяся в интенсивном расходе кислорода на минерализацию донных отложений, способствовала дальнейшему потреблению кислорода из уже обедненных вод.

**P. V. Soloshchuk, E. S. Kochetkova**

*Russian State Hydrometeorological University*

### **REGULARITIES OF SPATIAL DISTRIBUTION OF THE DISSOLVED OXYGEN IN THE EASTERN PART OF THE GULF OF FINLAND IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENOUS CLIMATE CHANGE**

Now the eastern part of the Gulf of Finland is influenced by a great number of factors of natural and anthropogenic origin. The main influence for considered region is related to megacity influence, intensive real estate port development, active development of sea resources and operating infrastructures.

Among all the gases dissolved in waters, the oxygen is of great interest, because intensity of chemical and especially biochemical processes is associated with oxygen that also affects matter exchange. Favorable conditions in terms of the dissolved oxygen is one of the main precondition for normal development and reproduction of water organisms and functioning of all ecosystems of the gulf.

Distribution of the dissolved oxygen is being driven basically by interaction and distribution of sweetened the Neva waters that are enriched with biogenes as well as photosynthetic recycling of biogenes. The excess of salinity, in particular, in transitive area, is being understood when analyzing the transition to distribution of characteristics in deep layers. In this area the pronounced halocline is being accompanied by considerable deficiency of oxygen.

In the eastern part of the Gulf of Finland the reason of sharp ecological conditions change is the increased anthropogenic pressure which adds to uncomfortable natural conditions, such as penetration of salty waters from the central part of the gulf to this area, strengthening of vertical stratification and easing of ventilation of deep layers. Raised trophicity of this area is reflected in the intensive consummation of oxygen on a mineralization of sediment promoted the further consumption of oxygen from so far impoverished waters.

**И. П. Сочнева**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### **ФЛОРА ВЫСШИХ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО (ОКРЕСТНОСТИ г. ПЕТРОЗАВОДСКА)**

Водные объекты, как естественного происхождения, так и искусственно созданные, являются важной составляющей современного урбаноландшафта. Они в той или иной степени довольно часто оказываются в сфере негативного воздействия человеческой деятельности. Познание структурно-динамических и эколого-функциональных особенностей прибрежно-водной флоры города позволяет выявить адаптационные возможности растительных сообществ водоемов и водотоков в условиях урбанизированной среды.

Целью данной работы было изучение флоры одного из водоемов г. Петрозаводска – оз. Четырехверстного. Для ее достижения были поставлены следующие задачи: 1. Выявить видовой состав флоры озера; 2. Провести анализ таксономической, биоморфологической, географической и экологической структуры флоры; 3. Провести анализ флоры по степени устойчивости к антропогенному воздействию (по характеру гемеробности).

Озеро Четырехверстное расположено на территории Южной Карелии в черте г. Петрозаводска на юго-восточной его окраине, площадь – примерно 0,16 км<sup>2</sup>, средняя глубина – около 3 м.

Материалы для данной статьи собраны в ходе маршрутно-рекогносцировочного обследования флоры озера в 2010 г.

В результате обследования и анализа было выявлено, что прибрежно-водная флора оз. Четырехверстного включает 41 вид высших сосудистых растений, относящихся к 30 родам и 19 семействам из 3 классов и 2 отделов. Среди жизненных форм отмечено преобладание гемикриптофитов. Флора озера сформирована бореальными циркумполярными видами. Характерно преобладание гигрофитов, семигелиофитов, мезотрофов. По характеру гемеробности в прибрежно-водной флоре озера ведущую роль играют мезогемеробные виды (виды, переносящие среднюю степень антропогенного воздействия).

В перспективе предполагаются дальнейшие исследования флоры и растительности оз. Четырехверстного.

**I. P. Sochneva**

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

### **AQUATIC FLORA OF LAKE CHETYREHVERSTNOE (PETROZAVODSK)**

Natural and artificially created water bodies are an important component of modern urban landscape. They are often exposed to the negative impact of human activity. Knowledge of

structural-dynamic and ecological-functional features of aquatic flora in city allows to determine the adaptive potential of plant communities of reservoirs and streams in urban areas. The aim of this research was to study the aquatic flora of Lake Chetyrehverstnoe in Petrozavodsk. To realize the aim following goals were solved: 1. Definition of aquatic plant species; 2. Taxonomic, biomorphological, geographical and ecological analysis of aquatic flora; 3. analysis of the flora on the degree of stability to human impacts.

Lake Chetyrehverstnoe is located in South Karelia in the south-eastern part of Petrozavodsk. Lake area approximately 0,16 km<sup>2</sup>, average depth – about 3 m. The lake territory has been surveyed by route method in 2010.

It was found that the aquatic flora of the Lake Chetyrehverstnoe includes 41 vascular plants species which relate to 30 genus, 19 families from 3 classes. Among the life-forms predominated hemicryptophytes. Flora of the lake formed by circumpolar boreal species. Ecological analysis showed predominance of hygrophytes, semiheliophytes, mesotrophs. In the aquatic flora of the lake leading role played by species that capable of withstanding high degree of human impact.

In the future, presented studies suggest following study of flora and vegetation of Lake Chetyrehverstnoe.

**А. Н. Ступникова, А. Л. Верещака, В. И. Гагарин, Д. Н. Кулагин, А. А. Лунина**

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН*

#### **БИОМАССА И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА В ЭПИПЕЛАГИАЛИ АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЮЖНОГО ОКЕАНА**

Исследование суммарной биомассы зоопланктона и изменения его качественного состава в эпипелагиали Южного океана было проведено во время экспедиции на НИС «Академик Иоффе» в декабре 2009 – январе 2010 г. на двух меридиональных разрезах, проходящих через Субантарктическую, Полярную фронтальную и Антарктическую зоны: разрез в проливе Дрейка и разрез от Южной Африки до моря Уэдделла (SR-2). Зоопланктонные пробы собирали сетью Джеди (0,1 м<sup>2</sup>, ячей 180 мкм), облавливали слой 0–300 м. Расстояние между станциями составило 10 миль на разрезе в проливе Дрейка и 20 миль – на SR-2.

Исследования показали, что пределы колебаний биомассы сходны для западной и восточной частей Атлантического сектора Южного океана – на соседних станциях значения биомассы могут различаться в 10 раз на обоих разрезах. Среднее значение биомассы в столбе 0–300 м для разреза в проливе Дрейка в 1,5 раза больше, чем на разрезе SR-2. Выявлено закономерное изменение общей биомассы зоопланктона в меридиональном направлении, но направление общего тренда изменения биомассы на разрезах диаметрально противоположно: на разрезе SR-2 общая биомасса в южном направлении увеличивается в 3 раза, тогда как в проливе Дрейка уменьшается в 6 раз в том же направлении. По нашим данным, в местах прохождения гидрологических фронтов биомасса зоопланктона в эпипелагиали имеет локальные минимумы, всплески биомассы зарегистрированы на соседних с фронтом станциях.

Анализ качественного распределения доминирующих видов копепоид (*Calanus simillimus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia lucens*) и щетинкочелюстных (*Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta gazellae*, *Pseudosagitta maxima*) показал, что гидрологические фронты АЦТ не являются границами распространения этих видов в период антарктического лета.

**A. N. Stupnikova, A. L. Vereshchaka, V. I. Gagarin, D. N. Kulagin, A. A. Lunina**

*P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS*

#### **BIOMASS AND QUALITATIVE COMPOSITION OF EPIPELAGIC ZOOPLANKTON IN ATLANTIC SECTION OF SOUTHERN OCEAN**

In Russian cruise (2009–2010) in the Southern Ocean was aimed at the research of total zooplankton biomass in the surface water during biological summer. During the cruises two sections were made across the Polar and Subpolar zones: (1) across the Drake Passage (SR-1) and (2) from the South Africa to

Weddell Sea along the Greenwich meridian (SR-2). Zooplankton was sampled with Juddey net, mouth area 0,1 m<sup>2</sup>, mesh size 180 mkm. Biological sampling was accompanied with hydrological survey, both biological and hydrological survey were made every 10 miles at SR-1 and every 20 miles at SR-2. A total of 120 zooplankton samples were collected from the layer 0–300 m.

Inside each hydrological front significant biomass decrease was observed, while in the vicinities of the fronts (20–40 miles) plankton biomass often increased. In both sections this pattern was similar, other patterns in the biomass distribution varied. Zooplankton biomass at SR-1 was 1,5 times higher than at SR-2, the biomass increased northward at SR-1 and southward at SR-2.

There are a few dominant species in polar and subpolar zooplankton that control main biological processes within the communities. It was expectable that in the frontal zones, where hydrological characteristics change sharply, dominant species change from one to another and structure of communities significantly changes. But during the antarctic summer the distribution of mass species of copepods (*Calanus simillimus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia lucens*) (and chaetognaths *Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta gazellae*, *Pseudosagitta maxima*) is not associated with the ACC fronts.

**А. А. Урбан**

*Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН*

## **МИКРОРЕЛЬЕФ И МОРФОЛОГИЯ АККУМУЛЯТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ОБЛАСТИ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА**

В данной статье представлены материалы полевых исследований, проведенных коллективом российско-германских экспедиций «Дельта Лены-2009» и «Дельта Лены-2010». Рассматриваются ландшафтные, климатические, литологические и геокриологические особенности типичного участка третьей надпойменной террасы, поверхность которой характеризуется широким распространением процессов морозного пучения на примере острова Курунгнах-Сисэ в устьевой области р. Лена.

Mouth part of Lena Delta is presented by vast terrace lowland. Within this territory few terrace's level were allocated. Each level is characterized different lithological composition, thickness of sediment, its age and genesis. In view of temperature regime is also different for whole territory. These factors exert influence on development of relief formation processes.

The role of cryogenic relief formation processes in landscape transformation is great. Such form of frost heave processes as bulgunnyakh and pingo are widely distributed in East part of Lena Delta and occurrence on third terrace. It should be noted, bulgunnyakhs also are distributed on the level of height flood-land and near to foot of second terrace. Some forms are characterized fast upgrowth. Its speed is estimated by meters for last decades.

This paper studies landscape, climatic, lithological and geocryological features of third terrace under its influence modern relief of surface was formed (Kurungnakg-Sise Island).

This paper presents materials of field researches of Russian-German expeditions «Lena Delta 2009» and «Lena Delta 2010». Landscape, climatic, lithological and geocryological features of third terrace under its influence modern relief of surface was formed is considered (Kurungnakg-Sise Island).

**Е. Н. Хохликова, М. Н. Хохликова**

*Лицей № 40*

## **УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДОВ (на примере Петрозаводска)**

В работе рассмотрено влияние элементов климата на архитектурно-строительное проектирование, в частности, на строительство зданий и застройку территории г. Петрозаводска.

При архитектурно-строительном проектировании необходимо учитывать местные условия микроклимата. Не менее интересны выводы по учету климатических факторов в проектировании жилищ, которые должны соответствовать ГОСТу.

Климатические факторы: температура и влажность воздуха, ветер, осадки, солнечная радиация и другие – должны учитываться на всех этапах проектирования зданий, сооружений и застройки территорий. Комфортные условия, необходимые для проживания в закрытых помещениях и для пребывания человека на любой территории города, могут быть созданы только при учете архитектурно-климатических факторов.

По строительно-климатическому районированию Петрозаводск находится во втором климатическом районе со сложными фоновыми условиями, с холодным типом погоды, с закрытым эксплуатационным режимом. Такие условия требуют дополнительных затрат на защиту от ветра, снега, дождя, низких температур и недостатка солнечной радиации.

При проектировании в условиях севера приходится учитывать ориентацию на солнце, находить компактно-планировочное решение, иметь закрытые лестницы, шкафы для одежды, обеспечивать центральное отопление, вытяжку, воздухопроницаемость, теплозащиту. Всё это сказывается на себестоимости строительства. В проектировании микрорайонов, жилых зданий и промышленных сооружений важно учитывать особенности рельефа, близость к Онежскому озеру. Важно сочетать промышленное и жилищное проектирование для лучшей аэрации территорий. Застройку территории г. Петрозаводска важно вести с учетом сохранения зеленой зоны. Актуальность работы в том, что знания о современных подходах к проектированию помогут создавать людям более комфортные условия жизни в микрорайонах и в жилищах.

**E. N. Hohlikova, M. N. Hohlikova**

*Liceum N 40*

### **CLIMATIC FACTORS IN CONSTRUCTING & BUILDING (Petrozavodsk as an example)**

This research paper shows the influence of climate elements on the architectural & building projects, building houses & buildings on the Petrozavodsk territory.

It's necessary to register local conditions of microclimate doing any architectural or building projects. The interesting conclusions are about constructions & climatic factors.

All the facts such as: temperature & the level of air wetness, wind, rain, snow and sun radiation should be taken to the mind, doing any building or construction work. Comfortable conditions for living in the houses & also for being outside can be developed only by taking architectural & climatic factors to the consideration.

According to the district & climatic division Petrozavodsk is situated in the second climatic region with the complicated conditions, cold type of weather, closed using regime. Such conditions demand extra money for the wind, snow, rain protection it is also necessary to protect from low temperatures & the lack of sun radiation.

In the North it's necessary to calculate sun orientation to find planned decisions, have closed ladders, wardrobes, central heating, heat & air protection. All these facts influence the price of constructing.

Making projects of living districts, buildings & enterprises it's important to take specific landscape, closeness to the Onego Lake to the account. Also it's important to use industrial & living constructing together for the better territory aeration.

Building on the territory of Petrozavodsk should be done carefully, we ought to think about the protection of green zone.

This research paper is actual from the matter of fact that the knowledge of modern projecting & constructing ways will help people to create more comfortable living conditions in the town districts & houses.



**А. А. Четверова<sup>1,2</sup>, Т. М. Потапова<sup>1</sup>, И. В. Федорова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СТОК АРКТИЧЕСКИХ РЕК НА ПРИМЕРЕ РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И РЕКИ ЛЕНА**

В связи с возросшим в последнее время интересом к изучению морских, береговых и устьевых процессов в Российской Арктике вопрос о природопользовании арктических регионов становится актуальным. Поэтому для определения антропогенной нагрузки на реки северных регионов, а также на моря Северного Ледовитого океана, наряду с изучением гидрохимического режима, необходима оценка качественных и количественных характеристик геохимического стока рек.

На основе литературных данных были рассчитаны показатели годового стока растворенных веществ для рек Нижнего Приобья (Надым, Пур, Таз, Полуй) и р. Лена (в ее нижнем течении). Для р. Лена в сравнении с западносибирскими реками установлены более высокие значения показателей ионного стока и нитратного азота и, наоборот, пониженные показатели стока аммонийного и нитритного азота, минерального фосфора и общего железа. Основная доля минеральных солей (до 64%) и биогенных элементов (64–84%) проходит с речным стоком западносибирских рек в период половодья. Для нижнего течения р. Лена (г/с Кюсюр) за период половодья выносятся до 47%, а на подледный период приходится до 34% ионного стока. В многолетнем плане для рек Нижнего Приобья произошло небольшое (до 10%) увеличение ионного стока, тогда как для р. Лена установлено значительное (в 2,5 раза) снижение ионного стока, снижение стока азота нитратного и соединений кремния в 2,2–2,5 раза, увеличение показателей стока общего железа – в 9 раз за период 1975–1987 гг. по сравнению с предшествующими 1960–1974 гг.

Для определения потенциальной возможности водных объектов справляться с антропогенной нагрузкой был проведен ряд полевых и лабораторных химико-аналитических исследований озер в дельте р. Лена, в результате которых установлены характеристики и геохимический состав донных отложений, указывающие на высокую способность донных отложений к аккумуляции тяжелых металлов, т. е. на высокую самоочищающую способность вод р. Лена в зоне дельты.

**A. A. Chetverova<sup>1,2</sup>, T. M. Potapova<sup>1</sup>, I. V. Fedorova<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *St. Petersburg State University*

<sup>2</sup> *Arctic and Antarctic Research Institute*

## **GEOCHEMICAL RUNOFF OF ARCTIC RIVERS ON AN EXAMPLE OF WEST SIBERIAN RIVERS AND LENA RIVER**

Arctic water bodies, especially rivers mouths are poorly studied in hydrological and hydrochemical aspects due to harsh climatic conditions. Therefore, to determine the anthropogenic impact on rivers of the northern regions, as well as on seas of the Arctic Ocean are necessary to assess the hydrochemical regime, as well as qualitative and quantitative characteristics of the dissolved matter runoff.

As a result of analysis of multiyear hydrological data hydrochemical characteristics of the Lena River and West Siberia rivers (Nadym, Pur, Taz, Poluy) were determined and values of discharge modulus of dissolved components were calculated. Mean discharges modulus of mineral elements and nitrates higher and discharge of nitrites ammonia nitrogen and mineral phosphorus lower for the Lena River in comparison West Siberian rivers.

The most part of mineral elements (up to 64%) and nutrients (64–84%) goes with a runoff of West Siberian river in the flood period. And there are 47% of mineral matter in flood period and 34% in the ice-covered period for the Lena River (Kysyur st.).

Variability of dissolved substances discharge of the Lena River in the long-term period characterized by decreasing of runoff of main ions. On period from 1975 to 1987 discharge modulus was 3 times less for mineral matter, 2 times less for nitrates and silicon and 9 times more for iron in comparison with earlier period. And there is 10% increasing of mineral matter discharge for West Siberian river in the modern period.

The study hydrological, hydrochemical and geochemical characteristics of water and bottom sediments of some typical lakes and channels of the Lena river delta during expedition time (July-August, 2009, 2010) has shown the current state of the Lena river delta and changes of the dissolved matter runoff.

**В. А. Четверова<sup>1</sup>, А. С. Макаров<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*

### **ЛЕДОВАЯ ОБСТАНОВКА МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО КАК ФАКТОР ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ**

Береговая зона морей представляет огромный интерес для исследователей. Учение о берегах может обслуживать различные отрасли хозяйства. Научные данные учения о берегах находят свое применение в портостроении, берегоукреплении, навигации, рыбном хозяйстве, при поиске полезных ископаемых, при сооружении водохранилищ, в курортном хозяйстве. Немаловажную роль в освоении Арктических шельфовых месторождений играет учет климатических и ледовых условий. Поэтому существует необходимость изучения береговых процессов, определения их доли влияния на формирование морской береговой зоны.

Воздействие ледовой обстановки на формирование береговой зоны очень велико. Ледяной покров оказывает как денудационное, так и аккумулятивное воздействие на береговую зону. Лед оказывает защитное влияние на берег, прекращает абразию, а в тех морях, где образуется припай, и перемещение наносов на подводном склоне, сдерживает гидродинамическое воздействие на берег. Большинство полярных морей замерзает на шесть и более месяцев, стало быть, в течение этого времени берега не подвергаются волновому воздействию.

В результате проведенных исследований было выявлено, что безледный период отражает активность берегоформирующих процессов. Продолжительность гидродинамического воздействия на берег является фактором, во многом определяющим развитие береговой зоны. Длительность бесприпайного периода на скорость отступления берегов изучаемых морей напрямую не влияет.

Ледовая обстановка морей Лаптевых и Восточно-Сибирского такова, что в среднем береговая зона освобождается ото льда на 2–3 месяца (продолжительность безледного периода). Это происходит в основном в летние и осенние месяцы. Продолжительность бесприпайного периода составляет 3–5 месяцев.

Ледовые условия играют немаловажную роль в переформировании береговой зоны морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

**V. A. Chetverova<sup>1</sup>, A. S. Makarov<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *St. Petersburg State University*

<sup>2</sup> *Arctic and Antarctic Research Institute*

### **ICE CONDITIONS OF LAPTEV SEA AND EAST-SIBERIAN SEA AS A FACTOR OF FORMATION THE SEAS COASTAL ZONE**

Coastal zone of the seas is a great interest for researchers. Study of the coasts can help to different industries. Scientific results of coasts investigations can be used for ports constructions, bank protection, navigation, fisheries, exploration activities, construction of reservoirs and resort economy. Climatic and ice conditions have an important role in explorations of the Arctic shelf deposits. That is why the study of coastal processes and determination of its influence to the sea coastal zone are necessary.

The impact of ice to the formation of the coastal zone is very large. Ice cover has both denudation and accumulative effect on the coastal zone. Ice has also a protective effect to a coast; stops abrasion and constrains the hydrodynamic effect on shores and movement of sediment on the underwater slope for such seas where fast ice is formed. Most of Arctic seas are frozen during 6 months and more, so coasts are not exposed to wave action during this time.

As a result of the study revealed that the ice-free period reflects the coasts formation activity. Duration of hydrodynamic effect on the shore is a factor largely determines the development of the coastal zone. Duration of the period without fast ice is not directly affected on a speed of retreat of coast of studied seas.

Due to Ice conditions coastal zones of Laptev Sea and East-Siberian Sea are free during 2–3 summer or autumn months. Duration of fast ice free period is 3–5 months.

Ice conditions have an important role in the reformation of the coastal zone of Laptev Sea and East-Siberian Sea.

**В. А. Чугайнова, Н. В. Климовский**

*Северный филиал ПИНРО (г. Архангельск)*

### **ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВОДАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2008 г.**

Результаты, полученные во время исследований первичной продуктивности в Баренцевом море, показали значительное колебание ее величин. Пространственное распределение продукции в период летней вегетации фитопланктона по акватории имело тенденцию к возрастанию с севера на юг (к побережью Кольского п-ова) и от дна к поверхности. Соотношение «продукция – деструкция» было наиболее близко к сбалансированности в поверхностном слое и составляло в среднем 0,6, в слое «скачка» и в придонном этот показатель около 0,3, что свидетельствует о преобладании дыхания над фотосинтезом. В целом продукционно-деструкционный цикл явно не сбалансирован и не замкнут в границах пелагической зоны.

Таким образом, в пелагиали моря в летний период количество органического вещества, синтезируемого фитопланктоном, меньше, чем расходуется планктонным сообществом в процессе деструкции. Это объясняется поступлением органики с материковым стоком, из бентических сообществ, населяющих прибрежную зону, в результате циркуляции водных масс, наличием фронтальных зон, а также и за счет ранее синтезированного органического вещества в процессе экологического метаболизма.

**V. A. Chugainova, N. V. Klimovsky**

*Northern branch of PINRO (Arkhangelsk, Russia)*

### **PRODUCTION-DESTRUCTION PROCESSES IN WATERS BARENTS SEA IN THE SUMMER SEASON OF 2008**

The results received during researches of primary productivity in Barents sea, have shown significant fluctuating her magnitudes. The spacing of production in the season of summer vegetation of a phytoplankton on harbour area tended to ascending from the north on the south (to coast of Kola peninsula) and from a bottom to a surface. The interrelation «production – destruction» was closest to balance in surface layer and averaged 0,6, in a stratum «gallop» and in benthic this parameter about 0,3, that testifies to predominance of respiration over a photosynthesis. As a whole production – destruction the cycle pronouncedly is not balanced and do not close in borders of pelagic zone.

Thus, in pelagic seas in the summer season term the quantity of the organic matter synthesized by a phytoplankton, less, than is spent by planktonic assemblage during destruction. It speaks receipt of organic chemistry with a continental runoff, from the benthic communities populating a coastal area, as a result of circulation of bodies of water, presence of frontal zones, together with for the account before synthesized organic matter during ecological metabolism.

**А. Л. Чухарев**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### **РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ «ОЗЕРА КАРЕЛИИ»**

Экспертные системы – это специальная технология, предназначенная для удобного оперирования научными знаниями, полученными эмпирическим путем. Каждая экспертная систем состоит

из двух частей: базы знаний (специальный вид баз данных) и пользовательского интерфейса. Наиболее трудным представляется создать хорошую базу знаний. Соотношение труда, потраченного на эти две части экспертных систем, можно оценить как 90 и 10% соответственно. Сотрудниками Института водных проблем Севера была создана большая и подробная база данных, содержащая информацию о различных параметрах озер Карелии. Среди них гидробиологические, гидротермические, географические и др. К настоящему моменту база данных содержит информацию более чем о 200 озерах. Это очень хорошая основа для экспертной системы. Эти данные обрабатываются экспертной системой с помощью специальных методов.

**A. L. Chuhkarev**

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

### **EXPERT SYSTEM «LAKES OF KARELIA»**

Expert system is a special software technology designed to help people in utilizing knowledge in the field of science. Each expert system consists of two parts: knowledge base (a special kind of database) and user interface. The most difficult step is creation of a good knowledge base. The proportion of labor expended on creation of this two parts is approximately 90 presents to 10 in favor of knowledge base. Collaborators of Northern Water Problems Institute have created a very big and detailed database with data concerning different parameters of Karelian lake. Among them hydro-biological, hydro-chemical, geographical, and other values. Now database consist of data concerning more than 200 lakes. And this is a good framework for expert system. These huge volumes of data have been handled with special methods.

**Е. Л. Шейнкман, Б. И. Самолюбов, И. Н. Иванова**

*Московский государственный университет*

### **СИСТЕМА СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ СЕЙШЕВОЙ ПРИРОДЫ В ВОЛХОВСКОЙ ГУБЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА**

Среди течений, меняющих направление с глубиной и во времени, по степени их распространенности в озерах и морях, выделяются потоки, вызванные внутренними сейшми. Скорости подобных течений с максимальными периодами порядка месяца, как правило, не превышают 10 см/с, поэтому натурные исследования их структур сопровождаются значительными трудностями [1–6]. В данной работе представлены результаты исследований таких течений на Ладожском озере по всей акватории восточной части Волховской губы в августе 2009 г. Исследования проводились с применением зонда RCM-9 (Aanderaa) и других измерителей скорости течения  $U$ , температуры  $T$ , концентраций взвеси  $S$ , кислорода  $O_2$  и электропроводности  $C$ .

В ходе этих исследований обнаружена трехслойная структура течений, вызванных внутренними сейшми. Получены данные о структуре течений, включающей направленные в противоположные стороны циркуляции в придонном слое и в промежуточной внутритермоклинной струе. При анализе результатов проведено их сопоставление с расчетными полями течений Ладожского озера [1], а также с данными исследований в других озерах [4, 5, 6]. Выявлены зависимости характеристик течения от устойчивости стратификации, топографии дна и от природы вод, перемещающихся на разных глубинах. Проверены предложенные методы теоретического описания течения.

Литература:

1. Астраханцев Г. П., Меншуткин В. В., Петрова Н. А. Руховец Л. А. Моделирование экосистем больших стратифицированных озер. СПб., 2003. 362 с.
2. Самолюбов Б. И., Литвинов Е. А. Массообмен в озерном заливе при наличии придонного течения и внутренних сейш // Физические проблемы экологии. 2008. № 15. С. 344–351.
3. Филатов Н. Н. Динамика озер. Л., 1983. 187 с.
4. Appt J., Imberger J., Kobus H. Basin-scale motion in stratified Upper Lake Constance // Limnol. Oceanogr. 2004. 49 (4). P. 919–933.
5. Farmer D. F. Observation of long nonlinear waves in a lake // J. Phys. Oceanogr. 1978. 8. P. 63–73.
6. Thorpe S. A., Hall A. The internal surge in Loch Ness // Nature. 1972. 237. P. 96–98.

E. L. Sheynkman, B. I. Samolyubov, I. N. Ivanova

*Moscow State University*

## THE SYSTEM OF STRATIFIED SEICHE CURRENTS IN THE VOLKHOV BAY OF LAKE LADOGA

Among the currents changing the direction with depth and time there are allocated flows induced by internal seiches, according to their prevalence in the lakes and seas. The velocity of such flows with the maximum periods of about a month, are usually not more than 10 cm/s, so the full-scale studies of their structures are accompanied by considerable difficulties. This paper presents the results of studies of such flows on Lake Ladoga for the entire area of the eastern part of the Volkhov Bay in August 2009. Investigations were carried out using a probe RCM-9 (Aanderaa) and other devices for measuring current velocity  $U$ , the temperature  $T$ , the concentrations of suspended matter  $S$ , the  $O_2$  and conductivity  $S$ .

These studies identified a three-layer structure of currents induced by internal seiches. The data about the structure of flows have been obtained, including directed to opposite sides circulations in the bottom layer and in the intermediate thermocline jet. During the analysis the results were conducted and compared with calculated fields of currents of Lake Ladoga, and with research data in other lakes. The dependence of the flow characteristics on the stability of the stratification, topography and on nature of water moving at different depths have been revealed. Proposed methods of theoretical description of the current have been tested.

А. А. Шкулепа<sup>1</sup>, Р. У. Высоцкая<sup>2</sup>, М. М. Куклина<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Карельская государственная педагогическая академия

<sup>2</sup> Институт биологии КарНЦ РАН

<sup>3</sup> Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

## ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ГЕЛЬМИНТОВ И ПТИЦ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Птицы играют особую роль в циркуляции гельминтов в прибрежных морских экосистемах. Для многих гельминтов они являются окончательными хозяевами, а объекты их питания – беспозвоночные и рыбы – промежуточными хозяевами паразитов. Антропогенный прессинг в Баренцевом море привел к обеднению традиционной кормовой базы птиц, вынужденных переходить на питание другими объектами. Это способствует распространению «неспецифического паразитирования» и находит отражение на процессах взаимной адаптации паразита и хозяина.

Целью работы было изучение влияния гельминтной инвазии на биохимические показатели птиц. Объектами исследований были массовые в южных районах Баренцева моря виды: моевки *Rissa tridactyla* L., толстоклювые кайры *Uria lomvia* L. и тонкоклювые кайры *Uria aalge* Pontop. В печени зараженных разными группами червей и незараженных птиц определяли активность лизосомальных ферментов и содержание белка.

Самое значительное угнетающее влияние на активность лизосомального аппарата моевок оказывало заражение цестодами сем. Тетработриид. Содержание белка снижалось в печени моевок при заражении всеми группами гельминтов, но более всего при трематодной инвазии. У зараженных толстоклювых кайр активность гидролаз и содержание белка были ниже, чем у свободных от инвазии особей. Уровень ферментов в печени тонкоклювых кайр изменялся разнонаправленно в зависимости от таксономической принадлежности паразита. Заражение гименолепидидами вызывало снижение активности нуклеаз и фосфатазы, но повышение – глюкозидазы. Под влиянием тетработриид снижалась лишь РНКазы, активность других ферментов повышалась.

Различия в ответной реакции птиц на заражение связаны с их пищевыми предпочтениями, определяющими характер инвазии. На биохимическом уровне воздействие паразитов проявляется угнетением биосинтеза в печени птиц и активацией деструктивных процессов с участием лизосом. Направленность и амплитуда изменения показателей зависели от вида гельминта, особенностей экологии и специфичности хозяина.

Работа поддержана грантом Президента РФ НШ-3731.2010.4.

**A. A. Shkulepa<sup>1</sup>, R. U. Vysotskaya<sup>2</sup>, M. M. Kuklina<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Karelian State Pedagogical Academy*

<sup>2</sup> *Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science*

<sup>3</sup> *Murmansk Marine Biological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Science*

### **ECOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ASPECTS OF RELATIONSHIPS BETWEEN HELMINTHS AND BIRDS OF THE BARENTS SEA**

Birds play a special role in the circulation of helminthes in coastal marine ecosystems. For many helminthes birds are the definitive hosts, because intermediate hosts of the parasites are fish and invertebrates – objects of their food. Anthropogenic pressure in the Barents Sea has led to the depletion of traditional food resources of birds, which are forced to move to another food objects. It contributes to the spread of «non-specific parasitism» and finds the reflection of the processes of mutual adaptation of parasite and host.

A goal was to study the effect of intestinal parasites infection on biochemical parameters of birds. Object of research were massive in the southern Barents Sea species: kittiwake *Rissa tridactyla* L., thick murre *Uria lomvia* L. and common guillemot *Uria aalge* Pontop. The activity of lysosomal enzymes and protein content was determined in a liver infected by different groups of helminthes and uninfected birds.

The most significant depressing effect on the activity of the lysosomal apparatus of kittiwakes provided infecting with cestodes Tetrabothriidae. The protein content was decreased in the liver of kittiwakes during infection by all groups of helminthes, but most of all by trematode infestation. Hydrolase activity and protein content of the infected Thick guillemots *U. lomvia* were lower than that of free invasions of individuals. Enzyme level in the liver of the common guillemot *U. aalge* varied in different directions depending on the keys of the parasite. The Hymenolepididae infection caused a decrease in the activity of nucleases and phosphatases, but on the other hand – the increase in glycosidase. Tetrabothriidae influenced RNase reduced, but the activity of other enzymes increased.

Differences in the response of the birds to infection related to their food preferences, defining the nature of the invasion. At the biochemical level, the impact of parasites is manifested inhibition of biosynthesis in the liver of the birds and the activation of destructive processes involving the lysosomes. The direction and amplitude the parameters' changes depend on the type of helminthes, features of ecology and host specificity.

The study was supported by the RF Presidential Programme «Leading Scientific Schools of RF» NSch-3731.2010.4.

**В. А. Яндова, Я. Свободова**

*Чешский Земледельческий Университет (г. Прага)*

### **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННОГО ЛАНДШАФТА НА ОРНИТОФАУНУ В ЧЕШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

Серая куропатка до XX в. была важным промысловым видом на территории Чехии. Интенсификация земледелия, потеря важных источников питания и мест обитания привели к снижению численности вида. В статье проанализированы эти факторы, повлиявшие на численность популяции, а также меры, принимаемые для ее восстановления. Выпуск птиц должен сопровождаться подготовкой среды их обитания, защитой от хищников, помощью в зимнее время и, безусловно, мониторингом. Основными факторами смертности птиц названы недостаток источников питания в течение всего года и безопасных мест для гнездования и сокрытия от хищников. Ситуация ухудшается из-за недостатка внимания со стороны охотничьих хозяйств. Важно понимать, что подобные факторы не должны помешать выполнению программ по реинтродукции вида в Чехии.

**V. A. Jandová, J. Svobodová**

*Czech University of Life Sciences*

**INFLUENCE OF LANDSCAPE ANTHROPOGENIC CHANGES ON THE GREY PARTRIDGE  
POPULATION IN THE CZECH REPUBLIC. A REVIEW**

The grey partridge used to be a common hunting species in the Czech Republic in the beginning of 20th century. A number of factors have contributed to the dramatic decline in the partridge population, including agricultural intensification, resulting in a loss of important food for young partridges and habitats. Those factors were studied through historical point of view in the Czech Republic, stressing the changes in agricultural landscape. Measures taken to recover the population were studied and analyzed, concluding that those should not consist of only releasing event, but should be done respecting natural selection and appropriate preparation of the environment, predator control, protection in winter and monitoring. The key mortality factors found were poor food supply during the year, the loss of shelters and places for nesting. Those are also supported by a lack of interest in the species by game managers and predator control. It is important to note that the effect among these factors are often aggregated or even multiplied. However, nowadays the interest in reintroduction of the species is growing in the Czech Republic.

Научное издание

**ВОДНАЯ СРЕДА  
И ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ:  
ИССЛЕДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ОХРАНА**

**МАТЕРИАЛЫ  
IV Школы-конференции молодых ученых  
с международным участием  
(26–28 августа 2011 г.)**

*Печатается по решению  
Ученого совета Института водных проблем Севера  
Карельского научного центра РАН*

Редактор *Л. В. Кабанова*  
Оригинал-макет *Т. Н. Люрина*

Сдано в печать 25.06.2011 г. Формат 60х84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Гарнитура Times. Печать офсетная.  
Уч.-изд. л. 28,8+0,6 (цв. вкл.). Усл. печ. л. 30,8. Тираж 300 экз. Изд. № 189  
Заказ № 970

Карельский научный центр РАН  
Редакционно-издательский отдел  
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50